

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



**RADIOPROTECCIÓN
se hace digital**



▲ **Entrevista:**

**Maria Fernanda
Sánchez Ojanguren**

*Directora de Protección Radiológica
del CSN*

- ▲ *Aspectos dosimétricos de los
tratamientos del dolor óseo
metastásico con radiofármacos*
- ▲ *Radón y radiación ambiental en
el Laboratorio Subterráneo de
Canfranc (LSC)*
- ▲ *Dosimetría ocupacional en tiempo
real en salas de hemodinámica.
Utilidad del Sistema Dose-Aware
como herramienta formativa*
- ▲ *Desarrollo de los escenarios
susceptibles de utilizarse en un
ejercicio nacional de coordinación
y gestión a largo plazo tras una
emergencia nuclear*

Nº 77 • Vol. XXI • 2014

La página web de la SEPR

Siguiendo la tónica de los años anteriores, se presenta un resumen sobre el funcionamiento de la web durante el año 2013. Este es el primer año completo transcurrido desde el cambio de servidor realizado en 2012, por lo que, en esta ocasión, los resultados pueden compararse con los de años anteriores.

En 2013 se han recibido 213.278 visitas, es decir, un promedio de 17.773 visitas al mes, o lo que es lo mismo una media de 584 visitas diarias a nuestra web (ver Figura 1).

Este resultado implica un aumento con respecto al año 2012 de un 17%, de hecho recuperando los niveles anteriores al cambio de servidor, de 2011. Parece apreciarse, además, una tendencia a un aumento en el número de visitas durante el año. Como es habitual, la celebración de nuestro congreso conjunto SEFM-SEPR en Cáceres, durante el mes de junio, provocó un incremento en el número de visitas en los meses inmediatamente anteriores, que, al contrario que en otras ocasiones, se ha mantenido al regreso del periodo vacacional de verano. El mes con un mayor número de visitas, de hecho, ha sido octubre con 22.192 visitas.

Es necesario indicar que los aumentos de visitas, y por tanto del tráfico, en nuestra web, implica mayores necesidades que están siendo cubiertas con creces con las características del nuevo servidor contratado, sin que haya supuesto un aumento significativo en el gasto a la Sociedad. Así, el tráfico en la web ha provocado un total descargado de unos 139 GB durante todo el año (Figura 2). Además, como ya se indicó, se ha conseguido un aumento apreciable en la velocidad de funcionamiento de la web, descargas de archivos incluidas.

Los apartados más visitados fueron Publicaciones, Descargables, Convocatorias y Formación, detectándose además un aumento

en el número de conexiones con identificación de socio, lo que indica que los contenidos sólo para socios (incluyendo el Foro de socios) son lo suficientemente atractivos para ello.

La mayor parte de los visitantes procedían de España, Australia, Reino Unido, Argentina y México.

Los documentos más descargados durante el año 2013 han sido, la presentación de la primera parte del Tema 3 sobre *Equipos de Radiografía y Accesorios* del Foro de Protección Radiológica en el sector industrial (radiografía industrial), publicado el año 2010 que fue descargado sólo en ese periodo casi 76.000 veces. En segundo lugar el *Manual General de Protección Radiológica* en el ámbito sanitario con más de 17.000 descargas y en tercer lugar el *Protocolo Español de Control de la Calidad en Radiodiagnóstico* que, con cerca de 11.000 descargas se mantiene como uno de los documentos más descargados desde el año 2011. Estos números, si bien sorprendentes debido al número de socios de la SEPR (no alcanzamos los 1.000), pueden probablemente explicarse por la difusión entre asistentes a las jornadas, estudiantes de distintos cursos y a su difusión en las redes sociales a las que la web se conecta.

Sobre este último aspecto, debe destacarse desde estas líneas el compromiso que está demostrando Pedro Ruíz en la gestión de las mismas, mejorando de forma apreciable el funcionamiento y alcance de las mismas con respecto a la anterior gestión automática, sobre todo entre los países de Hispanoamérica, que mantienen una relación estrecha con la SEPR y con nuestros objetivos.



Figura 1. Visitas recibidas en www.sepr.es durante el año 2013.



Figura 2. Descarga de archivos durante el año 2013.

Si bien los cambios supusieron algunos problemas inicialmente, creemos que, en gran parte, han sido subsanados y en algunas ocasiones el funcionamiento se ha adaptado a la nueva situación. En cualquier caso, como siempre, agradecemos los comentarios y propuestas por parte de todos los socios que puedan mejorar el funcionamiento de la web. Mencionar además que, como viene siendo costumbre, los cambios se producen de un modo continuo y en los próximos meses, se anunciarán algunos cambios profundos que afectarán al funcionamiento, capacidades y contenidos de la web.

Evidentemente todos estos cambios se realizan gracias a la labor de todo el Comité de Redacción que realiza los cambios y aumenta el contenido de la Web de la SEPR día a día, y en nombre de todos nosotros, expreso desde aquí nuestro deseo de que todo este trabajo sea de utilidad y del agrado de todos los socios.

Descarga gratuita para los socios de la *Guía Técnica de Caracterización y Gestión de Materiales Residuales con Contenido Radiactivo Generados en Investigación Biológica*

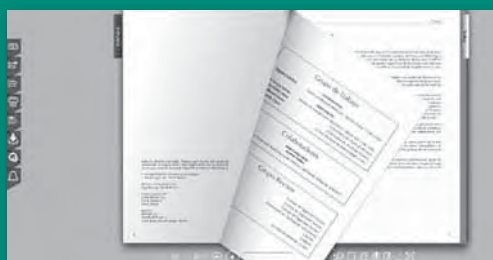


Figura 3.- Formato flash de la *Guía Técnica de Caracterización y Gestión de Materiales Residuales con Contenido Radiactivo Generados en Investigación Biológica*.

Ya es posible descargar desde www.sepr.es la *Guía Técnica de Caracterización y Gestión de Materiales Residuales con Contenido Radiactivo Generados en Investigación Biológica*, en formatos *flash* y pdf. Para ello debe accederse al área de Publicaciones SEPR, en el enlace de la guía aparecen su contenido y las condiciones para su adquisición, para socios (gratuita en formato electrónico y 30 euros, más gastos de envío, impresa) y para no socios (20 euros en versión electrónica, 40 euros, más gastos de envío, en su versión impresa).

Es necesario identificarse como socio en la web de forma previa a su descarga en formato *flash* desde el enlace proporcionado. Desde la pestaña en la parte izquierda de la pantalla indicada como pdf, pueden generarse archivos en dicho formato de cada página o bien de la guía completa *Download entire PDF file*.

Directora
Ángeles Sánchez

Coordinador
Borja Bravo

Comité de Redacción

Cristina Garrido
Rosa Gilarranz
José Gutiérrez
Sofía Luque
Alegria Montoro
Matilde Pelegrí
Javier Pifarré
José Ribera
Beatriz Robles
Borja Rosell
Pedro Ruiz
Inmaculada Sierra
M^a 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.



S U M A R I O

- **Editorial** 3
- **Entrevista** 4
María Fernanda SÁNCHEZ OJANGUREN
Directora Técnica de Protección Radiológica del CSN
- **Noticias** 10
 - de la SEPR 10
 - de España 15
 - del Mundo 22
- **Proyectos I+D** 28
- **Colaboraciones** 29
 - Aspectos dosimétricos de los tratamientos del dolor óseo metastásico con radiofármacos
T. García, J.F. Martí, C. Olivas, J.L. Vercher, R. Repetto y P. Bello 29
 - Radón y radiación ambiental en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)
I. Bandac, A. Bettini, S. Borjabad, R. Núñez-Lagos, C. Pérez, S. Rodríguez, P. Sánchez y J.A. Villar 36
 - Dosimetría ocupacional en tiempo real en salas de hemodinámica. Utilidad del Sistema Dose-Aware como herramienta formativa
M. Pinto, C. Rodríguez Cobo, X. Pifarré, J. Ruiz Martín, J.M. Barros Candellero, J. Goicolea, G. Díaz Blaires e I. García Lunar 42
 - Desarrollo de los escenarios susceptibles de utilizarse en un ejercicio nacional de coordinación y gestión a largo plazo tras una emergencia nuclear
M. Montero y E. Gallego 46
- **Publicaciones** 50
- **Convocatorias y Cursos** 51

JORNADA ¿ESTAMOS PREPARADOS EN EUROPA PARA UN ACCIDENTE RADIOLÓGICO A GRAN ESCALA?

26 de febrero de 2014, Salón de Actos del Hospital Universitario y Politécnico La Fe (Valencia)

"Realizing the European Network of Biodosimetry" (RENEB) es un proyecto de Acción Coordinada financiado por el 7º Programa Marco EURATOM de la Unión Europea.

RENEB pretende establecer una **red europea de dosimetría biológica** sostenible para la asistencia mutua en el caso de un **accidente radiológico a gran escala**. Su fin último es la cooperación entre las organizaciones integrantes para garantizar la máxima eficiencia en el procesamiento y análisis de las muestras biológicas para una reconstrucción rápida y fiable de la dosis absorbida de radiación, aplicable a emergencias de la Unión Europea.



Dentro de la 3ª reunión anual realizada por los miembros de RENEB, se organiza la jornada abierta al público: "¿ESTAMOS PREPARADOS EN EUROPA PARA UN ACCIDENTE RADIOLÓGICO A GRAN ESCALA?", acogida por el Hospital Universitario y Politécnico La Fe el día 26 de febrero de 2014. Esta sesión tiene como objetivo ofrecer una perspectiva general de los métodos y estrategias para estimar las dosis recibidas por la población en el caso de un accidente radiológico a gran escala.

PROGRAMA

- 9:00 - 9:15. **Welcome:** Manuel Llombart, *Conseller de Sanitat de la Generalitat Valenciana*
Melchor Hoyos, *Director del Hospital Universitario y Politécnico la Fe*
- 9:15 - 9:35. **WHO BioDoseNet:** Zhanat Carr, *WHO*
- 9:35 - 10:00. **IAEA Coordinated Research Project (CRP) Strengthening of "Biological dosimetry" in IAEA Member States:** Oleg Belyakov, *IAEA*
- 10:00 - 10:20. **NERIS - European Platform on preparedness for nuclear and radiological emergency response and recovery:** Florian Gering, *NERIS*
- 10:20 - 10:40. **Multibiodose - Multi-disciplinary biodosimetric tools to manage high scale radiological casualties:** Andrzej Wojcik, *Multibiodose*
- 10:40 - 11:00. **RENEB - Realizing the European Network of Biodosimetry:** Ulrike Kulka, *RENEB*
- 11:00 - 11:30. Coffee Break
- 11:30 - 12:00. Round Table

INSCRIPCIÓN GRATUITA. Se ruega confirmar la asistencia enviando el nombre completo, DNI e Institución a la siguiente dirección de e-mail:
montoro_ale@gva.es



Desde aeropuerto: Metro Línea 3 dirección «Rafelbunyol» y parada en «Xàtiva» + bus línea 8
Desde estación de tren «Sorolla»: bus línea 64



Editorial

Comenzamos el nuevo año 2014 con toda la ilusión y deseos de reforzar cada vez más nuestro compromiso con la excelencia en la aplicación de la protección radiológica en todos aquellos ámbitos en los que es necesaria.

Gracias a la implicación personal y dedicación desinteresada de muchos socios, más allá de los miembros de la Junta Directiva, la SEPR es tremendamente dinámica y nuestro Plan de Actividades reúne un amplio catálogo de jornadas, cursos de formación, publicaciones, colaboraciones con otras asociaciones relacionadas y con las homólogas de otros países así como con la IRPA, etc. Para 2014 la Comisión de Actividades Científicas está preparando cinco jornadas técnicas y científicas, cuatro cursos y talleres, así como varias publicaciones que permiten mantenernos al día en nuestra profesión. También 2014 es el año de los Congresos regionales de IRPA en Asia, Europa y África; en particular estos dos últimos, que se celebrarán en Ginebra y Rabat, seguro que cuentan con la presencia de miembros de nuestra sociedad.

Mantenemos una página web de gran interés y riqueza de contenidos, en la que tratamos de tener siempre la información más actual. A través de ella, el foro de socios nos permite dialogar de forma abierta sobre los temas más candentes o las actividades en curso. Y se ha convertido también en un escaparate para que los miembros del público puedan plantear sus preguntas, dudas e inquietudes y verlas satisfechas con las respuestas de los socios más expertos en cada tema.

Igualmente gracias al esfuerzo de los Comités de Redacción y Científico de la Revista **RADIOPROTECCIÓN** y de la Comisión de Publicaciones, podemos ver nuestra Revista cada tres meses, desde hace ya más de veinte años. Por ello, y porque los tiempos están cambiando (siempre lo han hecho...), para 2014 se ha tomado una decisión trascendente de cara al futuro de la Revista: abandonar el formato impreso en papel, y editarla en formato electrónico online, convirtiéndola en una publicación moderna y accesible en Internet, cuyas múltiples ventajas seguro que a la larga compensan sobradamente los posibles inconvenientes. Con este cambio, la SEPR apuesta definitivamente por las tecnologías de la información. Se podrán incluir artículos más extensos y siempre a todo color. Se dispondrá de herramientas de búsqueda y catalogación. La lectura podrá realizarse de diferentes maneras, manteniéndose también el formato pdf que permite imprimirla como si se tratase del original. Los artículos se verán reflejados en los buscadores de Internet y además se está estudiando la posibilidad de incorporarla a los índices de publicaciones científicas más valorados (JCR). Podremos archivarla en distintos equipos informáticos o discos, sin que ocupe espacio ni se derroche tinta y papel. Junto a todo ello, por qué negarlo, hay también un ahorro importante de costes en impresión y distribución, lo que en los momentos actuales es más que necesario.

En este último número en papel, se han incluido los dos trabajos que recibieron el premio a la mejor ponencia de nuestro últi-

mo Congreso celebrado el pasado mes de junio en Cáceres: uno se refiere al empleo de nuevas tecnologías para permitir analizar y reducir las dosis a los trabajadores en salas de hemodinámica; el otro, a la preparación de escenarios para mejorar la gestión a largo plazo tras accidentes nucleares. Además, se han seleccionado otros dos interesantes artículos: el primero sobre una cuestión tan de actualidad como el empleo de radiofármacos en el tratamiento del dolor óseo metastásico, visto desde su perspectiva dosimétrica; y el segundo sobre la radiación natural y la presencia de radón en un lugar tan especial como el laboratorio subterráneo de Canfranc.

Estos cuatro artículos se unen a la entrevista a la nueva Directora Técnica de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear, a quien nos honramos en abrir la puerta de la SEPR desde estas páginas.

Junto con las secciones habituales, que reflejan la actualidad de la SEPR y de la protección radiológica en España y el Mundo, tenemos en nuestras manos una prueba más de que la SEPR avanza en su misión de promover el avance de la protección radiológica y las ciencias y técnicas relacionadas con ella.

Para terminar, me despido invitándoos a tomar este cambio con entusiasmo, y a pensar en el siguiente artículo que desearíais ver publicado en la nueva etapa de **RADIOPROTECCIÓN**.

EDUARDO GALLEGO
Presidente de la SEPR

SEPR



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
www.sepr.es

Secretaría Técnica

C/ Capitán Haya, 56 - 7º D
28020 Madrid
Tel.: 91 373 47 50
Fax: 91 316 91 77
Correo electrónico: secretaria@sepr.es

Junta Directiva

Presidente: **Eduardo Gallego**
Vicepresidenta: **Mercè Ginjaume**
Secretaría General: **Beatriz Robles**
Tesorera: **Elena Alcaide**
Vocales: **Antonio Gil, Francisco Javier Rosales, Borja Rosell, Carmen Rueda, Rosario Salas y Waldo Sanjuanbenito**

Comisión de Actividades Científicas

Presidenta: **Mercè Ginjaume**
Secretaría: **Sofía Luque**
Vocales: **Angeles Sánchez, Pedro Ruiz, Rosa Gilarranz, Margarita Herranz, Alejandro Úbeda, Pío Carmena, Carlos Enriquez, Carmen Rueda y Esteban Velasco**

Comisión de Publicaciones

Presidenta: **Beatriz Robles**
Secretaría: **Angeles Sánchez**
Vocales: **Juan Carlos Mora, José Gutiérrez y Pedro Ruiz**

Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidenta: **Elena Alcaide**
Vocales: **Alejandro Úbeda, Eduardo Gallego, Rosario Salas, Pío Carmena, Beatriz Robles y Carmen Vallejo**

Comisión de Asuntos Institucionales

Presidente: **Eduardo Gallego**
Secretaría: **Mercè Ginjaume**
Vocales: **Leopoldo Arranz, Manuel Fernández, Ignacio Hernando, David Cancio, José Gutiérrez, Xavier Ortega, Juan José Peña, Eduardo Sollet, Pedro Carboneras, Manuel Rodríguez, Rafael Ruiz Cruces, Pío Carmena y Marisa España**

María Fernanda SÁNCHEZ OJANGUREN

Directora Técnica de Protección Radiológica del CSN

M^a Fernanda Sánchez Ojanguren es doctora en Química Industrial por la Universidad Complutense de Madrid y pertenece a la Escala Superior del Cuerpo Técnico de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear. Ingresó en el CSN en 1983, aunque su andadura profesional comenzó en la antigua Junta de Energía Nuclear, hoy Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).



INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta su amplia experiencia en diferentes responsabilidades dentro del CSN, ¿qué ha representado para usted este nombramiento y cómo afronta el reto que implica la Dirección Técnica del organismo regulador?

Este nombramiento me brinda la oportunidad de continuar trabajando, como hasta ahora, para conseguir el cumplimiento de la Misión del Consejo de Seguridad Nuclear, que no es otra que proteger a los trabajadores, a la población y al medioambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. Para mí, dedicarse a la protección, en general, sin apellidos, es en cierta medida una filosofía de vida. La protección entendida como sinónimo de defender o resguardar, es un servicio a la sociedad y en ello radica, a mi juicio, la grandeza de nuestro trabajo, y sin duda, una de las principales motivaciones del mismo, que no debemos olvidar. Y es con esa fuerte motivación con la que afronté este mandato, firmemente decidida a contribuir a la protección radiológica, con lealtad a la institución y desde un despacho de puertas abiertas.

EL CSN Y LA SEPR

Tradicionalmente, la relación entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) ha sido importante. ¿Cómo se plantea esta relación en la nueva etapa?

Desde mi punto de vista, la relación con las sociedades profesionales incrementa

la eficacia y la transparencia de las actuaciones y decisiones reguladoras del Organismo dado que nos acerca a los ciudadanos. Pero atención, en ambos sentidos, y esto es importante. La visión que aportan los profesionales de esta Sociedad en los foros y grupos de trabajo *ad hoc* que se han ido estableciendo, acerca a



este Organismo a la idiosincrasia de las prácticas objeto de regulación, facilitando tanto la identificación de necesidades o carencias en la normativa como el desarrollo e implantación de la misma. De ahí su importancia ya que, en definitiva, todo ello contribuye a alcanzar el objetivo único y fundamental del CSN de conseguir los más altos niveles de protección radiológica de la sociedad.

Déjeme citar como ejemplos claros de esta relación los foros establecidos entre el CSN y la SEPR en el área de las instalaciones industriales, en el ámbito de las Unidades Técnicas de Protección Radiológica y en el medio hospitalario (en el que también se encuentra representada la Sociedad Española de Física Médica).

¿Puede ser útil la SEPR para divulgar entre sus profesionales las actuaciones que lleva a cabo el CSN en materia de protección radiológica?

Por supuesto, de hecho la Jornada Anual de Protección Radiológica que organizan conjuntamente la SEPR y el CSN con otras instituciones, proporciona una plataforma frente al colectivo de profesionales de la protección radiológica donde presentar las principales novedades y resultados de las actuaciones del CSN en esta materia. Esta jornada se ha convertido ya en una cita ineludible para los profesionales que desempeñamos nuestra función en esta disciplina.

La SEPR está potenciando, a través de Internet, su presencia en la sociedad civil como grupo de consulta ante cualquier materia relacionada con la protección radiológica. ¿Considera que esta iniciativa puede resultar de interés para el CSN?

En general, cualquier iniciativa orientada a favorecer el acceso de los ciudadanos a la información y a mejorar su entendimiento del proceso regulador, es valorada positivamente por el CSN. En estos últimos años, hemos tratado de maximizar los beneficios de las tecnologías de la información, como son las redes sociales, donde hemos aumentado considerablemente nuestra presencia (a través de Twitter (@CSN_es) y RSS). Por otro lado, en nuestra página web (www.csn.es) se han habilitado diversas vías para la comunicación, no sólo de la Sociedad con el Organismo, sino también la notificación de denuncias por parte de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes sobre hechos conocidos que pudieran afectar al funcionamiento seguro de las

instalaciones y actividades. En resumen, todas ellas iniciativas orientadas a aumentar la transparencia, que es uno de los objetivos instrumentales básicos para el Consejo.

LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL

La utilización de las radiaciones ionizantes, tanto en la industria como en el ámbito sanitario y en la investigación, es una actividad que traspasa las fronteras.

La unificación en la normativa entre los diferentes países es clave para garantizar la seguridad. En este sentido, ¿cuál es la participación del CSN en organismos similares de ámbito internacional?

La colaboración con organizaciones internacionales relacionadas con la seguridad nuclear y la protección radiológica, así como con nuestros homólogos extranjeros, es una de las funciones atribuidas a este Organismo en su Ley de creación, y sin duda, una herramienta muy valiosa para el desarrollo de nuestras competencias, entre ellas, las relativas a la protección radiológica. En este sentido, el CSN, establece esta colaboración a través de los distintos mecanismos que ya se encuentran establecidos internacionalmente (como son las convenciones, grupos de reguladores, etc.) así como mediante el establecimiento de acuerdos bilaterales con otros reguladores.

Las convenciones internacionales suponen la expresión normativa más importante de la política exterior del Estado, y en el ámbito de la seguridad nuclear y la protección radiológica persiguen el objetivo fundamental de proteger a la población y el medioambiente de posibles efectos radiológicos transfronterizos.

España cumple con los compromisos contraídos en la legislación mediante su adhesión a diversas convenciones de las que es parte, tales como la Convención sobre Seguridad Nuclear, la Convención Conjunta sobre la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre la Seguridad en la Gestión de los Residuos, la Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares, el Convenio para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste (OSPAR), la Convención sobre Pronta Notificación de Accidentes Nucleares y la Convención sobre Asistencia Mutua en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica, velando por su cumplimiento.

La actividad internacional primordial en el ámbito de las relaciones multilaterales está constituida por la participación del

CSN en los órganos de gobierno, comités asesores y grupos de trabajo técnico del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Unión Europea y la Agencia de Energía Nuclear (OCDE/NEA) y en paralelo a estas relaciones, el CSN participa en asociaciones conformadas por instituciones homólogas.

En este marco se intercambian prácticas y políticas reguladoras y se estudian nuevas iniciativas. Concretamente, el CSN participa activamente en los trabajos de la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA), la Asociación de Reguladores Nucleares Europeos (WENRA), el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, la Asociación Europea de Autoridades de Control Radiológico (HERCA) y la Asociación de Reguladores Europeos en Seguridad Física (ENSRA).

Además, el CSN mantiene acuerdos, protocolos o convenios de carácter bilateral con organismos homólogos extranjeros de países como Alemania, China, Bélgica, Estados Unidos, Francia, Italia, Marruecos, México, Portugal, Rusia, Suecia, Ucrania y Japón, y colabora con instituciones internacionales no gubernamentales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) o el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR).

¿Qué actuaciones a corto y medio plazo están previstas en materia de colaboración internacional técnica desde la Dirección?

Teniendo en cuenta las estrategias establecidas en el ámbito internacional descritas anteriormente, que en algunos casos tienen un recorrido de más de dos décadas, para la Dirección Técnica es importante continuar impulsando una presencia activa en los foros de reguladores internacionales para fomentar e incorporar las mejores prácticas reguladoras y el intercambio de experiencias que posibilitan el aprendizaje y la mejora continua de la protección radiológica en el cumplimiento de su misión.

En esta línea de constante avance en el ámbito de las relaciones internacionales, uno de los retos más destacables a afrontar para la Dirección Técnica de Protección Radiológica en los próximos cuatro años viene de la mano de la transposición a la reglamentación nacional de la nueva Directiva europea 2013/59/Euratom del



Comité de Gestión de la Dirección Técnica de Protección Radiológica.

Consejo, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom, publicada el pasado 17 de enero. Esta nueva Directiva aglutina, así, en un único cuerpo normativo las anteriores directivas disponibles en materia de protección radiológica, lo que mejora la claridad del texto y garantiza una mejor implantación de los requisitos, dando así respuesta a las peticiones del Parlamento Europeo y del Consejo de simplificar la legislación de la UE y mejorar su calidad, plasmadas en el documento publicado por la Comisión Europea en 2005 *Aplicación del programa comunitario sobre la estrategia de Lisboa – Una estrategia para la simplificación del marco regulador*.

Como consecuencia de este proceso será necesario participar y promover la cooperación internacional entre estados miembros de la Unión Europea, con objeto de compartir experiencias e información acerca de sus respectivos procesos de transposición de la norma.

UNA NUEVA NORMATIVA

Una vez publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea el texto definitivo de la Directiva (DOUE de 17/01/2014),

¿Cuál es el plan establecido para la transposición de la norma?

Los estados miembros disponen de un plazo de cuatro años para transponer la Directiva, en concreto, hasta el 6 de febrero de 2018, según dispone el propio articulado de la misma. En este sentido, hay que señalar que el plazo concedido es sustancialmente mayor que el que se concede habitualmente para otras normas europeas, dado el alcance tan amplio de ésta, como venimos comentando a lo largo de la entrevista. Sin embargo, debemos tener en cuenta que tal como establece el Artículo 33 del Tratado de Euratom, y así queda contemplado en la propia Directiva, antes de aprobar el texto que finalmente resulte de su transposición en los estados miembros, deberá obtenerse el *placet* o conformidad de la Comisión Europea frente al mismo, lo que puede condicionar que el calendario sea más apretado de lo que en principio pudiera parecer.

Recientemente, el 17 de enero de 2014, la Secretaría de Estado para la Unión Europea del Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación, ha designado con carácter provisional a una serie de organismos con competencias para llevar a cabo los trabajos de transposición: Ministerio de Industria, Energía y Turismo (en calidad de responsable), CSN, Ministerio de Empleo y Seguridad Social, Ministerios del Interior y Ministerio de Sanidad, Servicios

Sociales e Igualdad. De conformidad con el acuerdo para la aprobación del plan de mejora del proceso interno de transposición de directivas de la Unión Europea, aprobado por el Consejo de Ministros del día 22 de noviembre de 2013, el Ministerio de Industria, en su calidad de responsable, deberá remitir a esa Secretaría de Estado, en el plazo máximo de dos meses a partir de la publicación de la Directiva en el DOUE, un plan de transposición de la misma, con arreglo a un modelo aprobado al efecto.

¿Cómo se plantea el organismo regulador español el reto de una transposición con un alcance tan amplio como el indicado?

Por su parte, el CSN ya ha procedido a la aceptación expresa de la designación como parte implicada en la transposición, ante la citada Secretaría de Estado, pasando este proceso a constituir una de las tareas más importantes de la Dirección Técnica en los próximos años y que se asume como prioritaria, dada la importancia de esta norma para la protección radiológica. En el ámbito interno del CSN deberemos designar a una serie de representantes que participarán en el grupo de trabajo de coordinación a nivel nacional que se constituya para la transposición.

En este contexto, ¿está prevista la consulta a los profesionales implicados, la



sociedad civil y los diferentes stakeholders no profesionales?

Efectivamente, ya durante la gestación de la Directiva, el Comité Social y Económico Europeo sometió el texto a un proceso de consulta a las instituciones involucradas y a la opinión pública, antes de proceder a su aprobación por el Consejo Europeo. Pero además, en España, cualquier proceso de desarrollo normativo en el ámbito de la seguridad nuclear y protección radiológica, como sucede con las instrucciones y guías de seguridad del CSN, lleva asociado un proceso de audiencia o consulta a las partes interesadas. Dado el alcance de esta nueva Directiva, el proceso de consulta será extenso y se recabarán comentarios tanto de las sociedades profesionales (SEPR, SEFM, etc.), como de organizaciones empresariales y científicas relacionadas con la materia (Unesa, Enresa, Ciemat, Enusa, etc.), entre otros.

¿Qué vías considera que pueden utilizarse para dar a conocer las novedades más importantes a los profesionales de la protección radiológica?

Sin duda, todas las que estén a nuestro alcance. Tenemos por delante un periodo en el que deberemos desarrollar en el sector numerosos seminarios, jornadas, etc. La propia Comunidad Europea ha manifestado su disposición a colaborar con los estados miembros en la celebración de *workshops* y creación de grupos de trabajo destinados a tratar de armonizar al máximo los criterios adoptados por éstos a la hora de transponer la Directiva. También el grupo de expertos del artículo 31 del tratado de Euratom y la asociación de reguladores europeos en PR, HERCA, están promulgando el desarrollo de guías orientativas sobre cómo incorporar a los marcos legislativos nacionales determinados aspectos de la Directiva en los que podrían surgir más conflictos, dada la mayor divergencia entre los estados miembros. Como digo, serán muchas las opciones para ir dando a conocer y discutir las novedades legislativas derivadas de la transposición.

¿Qué papel puede desempeñar la SEPR en esta labor?

Bueno, de hecho la SEPR viene ya desempeñando un papel esencial en este sentido. He de destacar, por ejemplo, el pasado 3^{er} Congreso conjunto anual con la SEFM, en que se organizó una mesa redonda



sobre esta nueva Directiva. Hasta ese momento, podríamos decir que supuso la primera toma de contacto de muchos de los profesionales con la Directiva. Y tal como ha hecho en anteriores ocasiones con el RPSRI o con las últimas recomendaciones de la ICRP, las sociedades profesionales podrían editar alguna publicación con el texto comentado, o con aclaraciones para la mejor interpretación de los criterios establecidos en los textos que finalmente resulten de la transposición.

Desde el punto de vista del contenido técnico de la nueva Directiva, aparece una nueva figura relacionada con la PR, el RPO (*Radiation Protection Officer*), y se redefinen las competencias atribuidas a las figuras ya consolidadas, como el RPE (*Radiation Protection Expert*), y MPE (*Medical Physics Expert*), ¿estas modificaciones serán asimilables a las figuras que actualmente componen la organización de protección radiológica en España?

La nueva Directiva sigue la doctrina del Reino Unido, donde se hace una distinción clara entre lo que es una función meramente asesora (que correspondería al RPE) y una labor de implementación de los criterios establecidos por dicha función asesora (que vendría a representar el RPO). La situación en muchos de los estados miembros, entre los que se encuentra España, es distinta,

puesto que disponemos de una única figura de elevada especialización (Jefe de Servicio de Protección Radiológica) responsable no sólo de asesorar al titular de las prácticas en materia de PR sino también de poner en práctica el resultado de tal asesoría.

Con objeto de que la nueva Directiva se ajustara en lo posible a la realidad española, durante la discusión de los textos en la que participé muy activamente el CSN, se logró incorporar algunos matices que no se encontraban en la propuesta inicial de la Comisión Europea, como son el hecho de que las funciones asignadas al RPO las pueda realizar un RPE o una UTPR, y que sean los estados miembros los responsables de establecer los requisitos de cualificación, formación y experiencia de los mismos. Analizando las funciones que le asigna la nueva Directiva al RPO, aparece en muchas de ellas la de supervisar, y por tanto, quizá la figura podría ser asimilable a nuestra licencia de supervisor. En todo caso, este tema está siendo objeto de análisis por grupos de trabajo creados en el seno de HERCA, donde se tratarán de identificar las necesidades reales que permitan alcanzar una armonización a nivel europeo, favoreciendo en la medida de lo posible la libre circulación de trabajadores en este contexto.

¿Cuál es su análisis sobre la disminución en los límites de dosis aplicables a los diferentes profesionales implicados?

En lo que respecta al límite de dosis efectiva para los trabajadores expuestos, si bien es cierto que ha sufrido una revisión a la baja, en España, afortunadamente, las dosis recibidas por los trabajadores expuestos se encuentran muy por debajo de los 20 mSv/año establecidos en la Directiva. De acuerdo con los datos de que disponemos para el año 2012, más del 99,5% de los trabajadores expuestos recibieron dosis inferiores a 6 mSv al año, y sólo 20 de los 105.605 trabajadores expuestos en España, superaron los 20 mSv/año. Sin embargo, el límite de dosis al cristalino ha sufrido una reducción bastante más significativa, pasando de 150 mSv/año a 20 mSv/año, lo que sí supondrá un desafío importante especialmente en aquellos sectores como la radiología intervencionista donde la exposición del cristalino a las radiaciones puede ser más relevante. El nuevo límite obligará a poner un mayor énfasis en la implementación del principio de optimización de forma que se aseguren dosis inferiores al mismo, para lo que habrá que someter a una cuidadosa evaluación a todos los procedimientos operacionales y equipamientos utilizados en estas disciplinas. Por otra parte, obligará a prestar mayor atención también sobre la medida de las dosis, que deberá realizarse de acuerdo con técnicas más específicas que las que se están utilizando actualmente. Este tema está siendo objeto de especial interés para la Dirección Técnica de Protección Radiológica, quien está muy al tanto de lo que se discute a este respecto en foros internacionales. Asimismo, desde el CSN se han puesto en marcha iniciativas destinadas a desarrollar metodologías de estimación de dosis al cristalino y estudiar las implicaciones operacionales derivadas de la aplicación del nuevo límite de dosis.

¿Cuáles son las novedades más importantes en el ámbito de la protección radiológica de público y medioambiente?

Los cambios más relevantes se engloban en dos grandes grupos; aquellos relacionados con la protección del público en circunstancias normales, introduciendo el concepto de protección a largo plazo de la salud de la población ligada a la protección del

medioambiente, y aquellos relacionados con las situaciones de exposición existente, que incluyen el control de la exposición en áreas contaminadas y modificaciones del radón en lugares de trabajo, y como novedad, se introducen por primera vez directrices para el control de la exposición producida por determinados materiales de construcción y por el radón en viviendas. El control de la exposición debida a fuentes de radiación natural, que en la anterior Directiva se encontraba en un capítulo diferenciado, en la nueva norma se encuentra dentro de las prácticas.

En relación con el primer bloque, inicialmente se pretendió introducir en la Directiva la protección del medioambiente *per se*, según las recomendaciones de ICRP, sin embargo, esto tuvo que ser eliminado de acuerdo con los servicios jurídicos de la Comisión por no existir en la legislación comunitaria base legal para requerir esta protección. Finalmente, se decidió ligar la protección del medioambiente a la protección a largo plazo de la salud de la población, incluyéndose tanto en el Alcance como en el Preámbulo de la Directiva. No obstante, para la aplicación de este principio, la Directiva requiere la consideración de criterios ambientales basados en datos científicos reconocidos internacionalmente (ICRP, OIEA, Unsear...), pero no explica claramente cuál es la conexión entre estos criterios ambientales y la protección radiológica a largo plazo, por lo que serán necesarias directrices adicionales por parte de la Comisión.

Las áreas contaminadas, se incluyen dentro de las situaciones de exposición existente requiriendo a los estados miembros su identificación, evaluación y la implantación de estrategias de protección optimizadas, estableciendo, que en aquellas áreas con una contaminación residual duradera en las que se ha permitido la residencia de la población, se garantice que se han establecido medidas para el control de la exposición, con objeto alcanzar condiciones de vida consideradas normales.

Para protección frente a la exposición al radón en lugares de trabajo, considerada situación de exposición existente, se establece un nivel de referencia de 300 Bq/m³, salvo que se justifique otro valor por las circunstancias del país. Si las concentraciones medias de radón superan este nivel se adoptarán medidas de remedio, y

si tras su implementación las dosis superaran 6 mSv/a, se trataría como exposición ocupacional. En este sentido, la IS-33 del CSN establece un nivel de referencia de 600 Bq/m³, por lo que será necesario realizar un análisis detallado para determinar si es posible implantar los 300 Bq/m³ o se debe justificar un valor más elevado, como prevé la norma.

Se integra por primera vez la exposición en el interior de los edificios debida a la radiación gamma procedente de los materiales de construcción, estableciendo un nivel de referencia de 1 mSv/a, cuya superación haría que la autoridad competente deba decidir las medidas o restricciones necesarias que pueden recogerse con carácter general.

Finalmente, para el control de la exposición al radón en viviendas, se establece un nivel de referencia de 300 Bq/m³ y se requiere la identificación de aquellas viviendas que superen este nivel y la promoción de la aplicación de medidas reductoras de radón. Todas estas medidas y estrategias deberán recogerse dentro de un Plan de acción nacional, a desarrollar por el CSN en colaboración con otras autoridades competentes. En este sentido, desde la Dirección Técnica, se ha elaborado un mapa predictivo de riesgos de exposición a radón en España que clasifica la península en tres zonas de riesgo, y se está elaborando un mapa de concentración de radón en viviendas, acorde con criterios de la UE.

Resumiendo se puede decir que la transposición de la Directiva a nuestro ordenamiento jurídico implicará un importante desarrollo normativo en el ámbito de la protección radiológica del público y del medioambiente, para los que el CSN necesitará contar con el *know how* y la colaboración de los profesionales de la protección radiológica implicados de nuestro país, ampliamente representados en la SEPR.

La nueva Directiva impulsa la toma de conciencia sobre los riesgos asociados a las fuentes huérfanas. ¿Cuál es su valoración sobre este tema?

Efectivamente, en la nueva Directiva se hace hincapié en la necesidad de la emisión de directrices o instrucciones destinadas a las personas que sospechen o tengan conocimiento de la presencia de una fuente huérfana, estableciendo el deber de informar a la autoridad competente y promoviendo el



establecimiento de sistemas para detectar las fuentes huérfanas en instalaciones de reciclaje de materiales metálicos y puntos de tránsito internacional importantes. La autoridad competente, por su parte, debe estar preparada para controlar y recuperar las fuentes huérfanas, hacer frente a situaciones de emergencia debidas a estas, establecer planes y medidas de respuesta apropiados y asignar las responsabilidades oportunas.

En el CSN, ya desde el accidente de Acerinox en 1998, se ha venido trabajando en este sentido, y con el fin de tratar de evitar incidentes como consecuencia de la existencia de material radiactivo en los materiales metálicos que se reciclan, en noviembre de 1999 se firmó un *Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos* entre el entonces Ministerio de Industria y Energía, el Ministerio de Fomento, el Consejo de Seguridad Nuclear, Enresa, la Unión de Empresas siderúrgicas y la Federación Española de la Recuperación, por el cual, con carácter voluntario, se instalaron pórticos de entrada y salida en muchas instalaciones de reciclado de materiales metálicos, medida con la que se ha logrado disminuir notablemente el número de incidentes por esta causa. Además, se han llevado a cabo en colaboración con Enresa y el Ministerio de Industria, dos campañas de recogida de fuentes huérfanas con gran éxito.

Otro punto de interés del control de las fuentes huérfanas es el transporte interfronterizo de materiales metálicos con contenido radiactivo, de forma que, como establece la nueva Directiva, es necesario establecer medidas en puntos de tránsito internacional para controlar o detectar materiales metálicos contaminados que procedan de otros países. En este sentido, en nuestro país se instalaron pórticos de detección de materiales metálicos en contenedores de los puertos de Valencia, Algeciras y Barcelona, a raíz de una iniciativa denominada *Megaport* impulsada por los Estados Unidos, pero en la actualidad se ha ido más allá y de *motu proprio* y se ha procedido a la instalación de sistemas de detección en otros puertos importantes españoles.

Todas estas medidas han logrado que actualmente en España, en este ámbito, seamos un referente internacional. De he-

cho, el OIEA tratando de dar impulso a este tema ha utilizado el modelo español para solicitar su aplicación en el resto de países. En el mundo globalizado en el que nos encontramos, la adopción de este tipo de medidas en un marco internacional lograría disminuir notablemente los incidentes por fusión de fuentes radiactivas, que por desgracia todavía ocurren con cierta frecuencia fuera de nuestras fronteras.

EL ÁMBITO NUCLEAR

El accidente ocurrido en la central japonesa de Fukushima en marzo de 2011, como consecuencia del tsunami que arrasó una parte importante del país, ha tenido importantes repercusiones en todo el mundo. ¿Cómo avanza la puesta en marcha de las mejoras en la protección radiológica establecidas a raíz de este suceso?

En este momento, el CSN mantiene su participación activa en los foros internacionales tanto en materia de protección radiológica como de seguridad nuclear creados al efecto, en los que se sigue analizando el accidente, y de los que se van extrayendo las conclusiones que después son trasladadas a nuestras instalaciones nucleares. Ello está dando lugar a mejoras de la seguridad nuclear y radiológica de las instalaciones nucleares de una envergadura que no se recuerda desde las mejoras tras el accidente de la central americana de Three Mile Island en 1979. El CSN impuso los primeros requisitos a este respecto al parque nuclear español a las pocas semanas del accidente de Fukushima, concretamente en mayo de 2011, continuando hasta nuestros días con las recomendaciones establecidas en el Plan de Acción Nacional aprobado por el Consejo en diciembre de 2012, que recoge principalmente, entre otras, las sugerencias del proceso de revisión llevado a cabo por ENSREG (*European Nuclear Safety Regulators Group*) entre marzo y septiembre de 2012 y las instrucciones técnicas complementarias emitidas por el CSN derivadas de las *pruebas de resistencia* que se le hicieron a todas las centrales nucleares europeas, con el objetivo de evaluar su capacidad para soportar situaciones más allá de su base de diseño. El plazo para la implantación de estas recomendaciones finaliza en 2016, y para ello se está trabajando activamente.

¿Cuáles han sido las implicaciones a nivel de la protección radiológica y gestión de emergencias de las instalaciones nucleares españolas?

Fundamentalmente, en tres elementos básicos relacionados con la respuesta ante emergencias. Por un lado, se está reforzando la denominada ORE (Organización de Respuesta ante Emergencias), por otro, se ha promovido a nivel nacional un Centro de Apoyo en Emergencias (CAE) con equipos y personal especializado dispuesto a intervenir en cualquier central nuclear en un plazo máximo de 24 horas, y por último, se va a construir dentro de cada emplazamiento un Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE), resistente a sismos e inundaciones y con condiciones de habitabilidad asegurada desde el que se podrán gestionar emergencias mucho más adversas que las postuladas en el diseño actual de las centrales, incluyendo el escenario de accidente severo con gran emisión radiactiva al exterior.

Por otra parte, el CSN, conjuntamente con la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, ha propuesto una serie de modificaciones del actual Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLABEN), que se encontraba en vigor desde 2004. Los aspectos fundamentalmente revisados han sido los niveles de referencia (niveles de intervención), medidas de protección a la población (urgentes y a medio plazo) y al personal de intervención, tales como la delimitación de las zonas de planificación, los criterios relativos a la toma de decisiones sobre la adopción de las medidas de confinamiento, profilaxis radiológica, evacuación, realojamiento o control de alimentos; y los sistemas de alerta y comunicación al público en emergencia; así como las instalaciones para la descontaminación de la población afectada por una emergencia y otros aspectos asociados.

Finalmente, cabe destacar, que en este periodo se ha concluido la puesta en marcha de un centro de emergencias de respaldo ante contingencias (Salem-2) en las dependencias de la UME, en la base aérea de Torrejón de Ardoz (Madrid), que hace redundantes las capacidades y funciones de la Sala de emergencias de la sede del CSN (Salem) para el control y coordinación de las actuaciones del organismo en caso de emergencia.

LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La Junta Directiva celebró la reunión en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, el día 11 de octubre.

Se está elaborando un documento que desarrolle el Plan Estratégico para el periodo 2012-2018. Para ello se está realizando la revisión a fondo del mismo, los títulos y las líneas que contiene actualmente; viendo su nivel de cumplimiento y la necesidad de incluir nuevas líneas como la de fomentar la participación e incorporación de los jóvenes socios en la Sociedad.

Así mismo, se ha renovado la composición de las diferentes Comisiones de la SEPR y se han revisado los Grupos de Trabajo actuales, incluidos los nuevos que han sido propuestos. Está disponible en la página web (www.sepr.es) una versión reducida de la Organización de la SEPR, con las Comisiones ya actualizadas y, en breve, estará ya la versión completa que incluirá los Grupos de Trabajo y los Foros.

Otro de los temas tratados ha sido el cambio de la revista RADIOPROTECCIÓN de su formato actual en papel a su formato *online*. Este tema aparece comentado, con más detalle por el presidente, en el editorial de este número.

En el ámbito del área médica se han producido bastantes novedades que fueron tratadas en la reunión:

- La reunión mantenida en septiembre con el grupo de criterios de aceptación en radiodiagnóstico junto con representantes de FENIM y de SEFM.
- La continuidad de los representantes actuales de la SEPR y SEFM en el grupo del protocolo de Control de Calidad en Medicina Nuclear.
- La renovación del representante de la Junta Directiva en los Foros de ámbito sanitario y de las UTPR.

Por último se nombraron los representantes para los nuevos grupos de trabajo de IRPA: Borja Rosell y Alegría Montoro como representantes del *Young Professionals Group*; Manuel Rodríguez (CSN) como representante del *Task Group Radiation Protection Strategy and Practice Committee*; Leopoldo Arranz, como representante del *Task Group on Public Understanding of Radiation Risk* y Carmen Rueda, como representante del *Task Group on Radioactive Source Security*.

Beatriz Robles
Secretaría General de la SEPR

Reunión de la Comisión de Actividades Científicas

El viernes día 22 de noviembre de 2013 tuvo lugar en el Ciemat la reunión anual de la Comisión de Actividades Científicas (CAC) de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR).

La reunión dio comienzo informando a los asistentes de los cambios producidos en la propia Comisión de Actividades Científicas tras la renovación de la Junta Directiva de la Sociedad, según los cuales, Mercè Ginjaume ha tomado el relevo de Eduardo Gallego como presidenta de la Comisión, Sofía Luque se ha incorporado como secretaria, Teresa Navarro como representante del Grupo de Trabajo de Dosimetría de la Radiación, Esteban Velasco como enlace con el Foro de UTPR y José Gutiérrez como responsable del nuevo Grupo de Trabajo de I+D en protección radiológica creado en el último ejercicio en el seno de esta Comisión. Continúan en sus cargos Alejandro Ubeda, Carmen Rueda, Ángeles Sánchez, Pío Carmenta, Pedro Ruiz, Rosa Gilarranz y Carlos Enriquez como vocales y representantes de sus respectivos grupos de trabajo.

Propuesta de actividades para 2014

Entre las novedades más destacables, en relación con la sección de publicaciones de la Sociedad, está el cambio en el formato de la revista RADIOPROTECCIÓN, que a partir de abril se editará en formato exclusivamente digital de alta calidad, según informó la directora de la revista. También se habló sobre la necesidad de impulsar la publicación de una *Guía so-*

- bre criterios de protección radiológica operacional para trabajadores expuestos en instalaciones de radiología industrial, en línea con la ya elaborada sobre criterios de PR para trabajadores expuestos en instalaciones radiactivas del sector sanitario, así como de un procedimiento para el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de radiología industrial.

- Se puso de manifiesto la gran aceptación que había tenido la sección *El experto responde* puesta en marcha a lo largo de 2013 en la página web de la Sociedad, que para algunos de los grupos de trabajo de la SEPR, había supuesto gran parte de sus actividades para el pasado año. En 2014 se pretende continuar con esta actividad y ampliar la información presentada en esta Sección.

- En relación con la organización de jornadas y reuniones a celebrar en 2014, se comenzó hablando sobre la ya tradicional Jornada *La Protección Radiológica en 2013* que en esta ocasión está prevista para los meses de marzo-abril de 2014, y cuyo contenido está siendo revisado por la Junta Directiva. También se presentó la programación para la *II Jornada sobre Transporte Radiactivo y Nuclear* que ha tenido lugar el pasado 21 de enero en la sede de Enresa, la *VIII Jornada sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental* que se celebrará en el mes de junio en Huelva. Todavía está pendiente de concretar la organización y las fechas para una *Jornada sobre Dosimetría Interna*, otra sobre *Novedades y tendencias en el Sistema de Protección Radiológica de ICRP* y una última en colaboración con la Sociedad de Protección Radiológica Portuguesa.

- En relación con los cursos y talleres previstos para 2014, en el primer trimestre del año tendrá lugar un *Curso online de*

formación en PR para técnicos de empresas de electromedicina y otro presencial sobre *Monitores de radiación tipo pÓrtico* en Madrid. También a lo largo de 2014 se ha programado la celebración de un *Curso-taller sobre PR contra radiaciones ionizantes para fisioterapeutas* en el Hospital Universitario Ramón y Cajal, y ya en el mes de noviembre se celebrará la segunda edición del *Curso de Protección Radiológica en Industrias NORM*, en Sevilla.

Las actividades internacionales de la SEPR en 2014 estarán constituidas por su colaboración en el Congreso regional de IRPA (europeo) que tendrá lugar en Ginebra del 23-27 junio, a través de su presidente, Eduardo Gallego, la participación de éste en el comité científico del Congreso regional de IRPA (africano) que tendrá lugar del 13-17 septiembre en Rabat, la organización en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid del *Curso Economic Relevance of Safety Culture in Medical Applications*, en marzo en Madrid y la colaboración en la organización del Workshop MELODI previsto para octubre del presente año.

Finalmente, cabe destacar, que continúa abierta la exposición permanente, ExpoPR, ubicada en el Centro Tecnológico Mestral Vandellós (Tarragona) con el apoyo de Enresa.

Actividades de los grupos de trabajo durante 2013

Las principales líneas de actuación de los distintos grupos de trabajo de la SEPR durante 2013 se encuentran reflejadas en el epígrafe anterior, a través de la organización de cursos, jornadas y talleres, su participación en las actividades de la Sociedad o la elaboración de documentación relacionada con el ámbito de su especialidad.

Los grupos de trabajo de radiaciones ionizantes, radiografía industrial, UTPR y transporte han continuado llevando a cabo sus actividades durante el pasado año como habitualmente. El grupo de trabajo de dosimetría, tras sufrir algunos cambios en su composición, se encuentra en vías de reestructuración, y asimismo ocurre con los grupos de trabajo de protección del paciente y de radiactividad ambiental.

Por último, y como principal novedad de este año, se ha creado un grupo de trabajo sobre I+D en protección radiológica, cuyo principal objetivo, actualmente, es la cuantificación del esfuerzo inversor nacional en materia de I+D en el campo de la protección radiológica con objeto de responder a programas nacionales e internacionales y ayudar a mejorar la participación española en los distintos grupos. Para ello es necesario conocer para los distintos sectores de la PR, el origen y destino de los fondos, para lo que se han enviado unas encuestas al personal investigador de universidades, hospitales y demás organismos implicados en la PR y se está a la espera de las respuestas.

Mercè Ginjaume y Sofia Luque

III Congreso Conjunto SEFM-SEPR y Socios de Honor

Como veníamos anunciando en anteriores ediciones de RADIOPROTECCIÓN, se celebró del 19 al 21 de junio de 2013, en Cáceres, el III Congreso Conjunto de la SEFM y la SEPR. En la página web del Congreso: www.sefmseprextremadura2013.es, está disponible la siguiente información:

- – Los certificados con la acreditación específica con el enlace para poder solicitarlos
- – Los contenidos de los trabajos presentados y de los posters
- – Se indica que la información científica que no estaba contenida al comienzo del congreso, y que están ultimando los ponentes, profesores, coordinadores y presidentes de sesión, en formatos power point o PDF, se irán actualizando en la web a medida que se vayan recibiendo.
- – Se elaborará un libro con los contenidos del Congreso, estructurado por áreas temáticas, con la ayuda del Comité Científico, que tienen previsto publicar antes de 10 meses.

SOCIOS DE HONOR

- En la Asamblea General de la SEPR, celebrada el 19 de junio en el Congreso de Cáceres, se aprobó el nombramiento como Socios de Honor de Leopoldo Arranz y Miguel Tortosa por su contribución a la protección radiológica nacional y su colaboración con la Sociedad.

- Durante la cena de clausura del Congreso Conjunto SEFM y SEPR, Marisa España, presidenta de la SEPR hizo entrega de los premios indicados.

- Se indica a continuación la trayectoria profesional en protección radiológica y la relación con la SEPR de ambos galardonados.

Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz

- Cuando me pidió Ángeles Sánchez, directora de la revista RADIOPROTECCIÓN, que, con motivo de mi jubilación "oficial" (lo pongo entre comillas porque sigo colaborando con la SEPR, SEFM, Escuela de Ciencias de la Salud, etc.), escribiera unas 500 palabras sobre mi vida profesional pensé que sería difícil resumirla pero lo acepté encantado porque quería aprovecharlo para agradecer a todos los que habéis hecho el camino a mi lado.

- Como comenté en la emotiva cena homenaje que me ofrecieron un montón de amigos de la profesión, he tenido la fortuna de haber sido testigo de una serie de hitos históricos en el campo de la PR y de la Física Médica. Testigo, participe y colaborador activo en la mayoría de las ocasiones. En estos hitos tuve la suerte de conocer a un montón de excelentes profesionales que colaboraron conmigo en muchos proyectos. Con generosidad, con inteligencia, con imaginación, con talento, con entusiasmo y, sobre todo, con sabiduría. Todos ellos marcaron mi camino.

- Pero Ángeles me pidió que contara mi trayectoria profesional. Mirando hacia atrás, tengo que contar que me licencié y doctoré en Ciencias Físicas por mi paso por las Universidades Complutense y de Alcalá de Henares, donde ejercí la docencia en la Facultad de Medicina, una de mis grandes ilusiones.



Leopoldo Arranz.

Como me llamó la atención la Física aplicada a la Medicina y no había en España posibilidades de formarme, marché recién casado a la Universidad de Pisa (al Instituto de Fisiología Clínica) con una beca del Ministerio de Asuntos Exteriores. Y aprovechando la inminente inauguración del Hospital Ramón y Cajal, allá por 1977, volví y me presenté con mi corto *currículum* en el Servicio de Medicina Nuclear. Me aceptaron. Rápidamente empecé a desarrollar mi trabajo técnico, junto con Ángel Crespo y Luis Miguel Martín Curto, pero llamándome mucho la atención la protección y seguridad, no sólo de los profesionales sino también de los pacientes. Me inscribí en el 1^{er} Curso Superior de PR (llamado entonces de "Jefes de Servicio de PR") en la Junta de Energía Nuclear con una beca porque no tenía ni un duro. Ello me motivó aún más en organizar la PR en el hospital cuando todavía no existía el CSN.

Desde niño me gustaba la docencia y la gestión (de mayor no quería ser bombero sino "director de colegio"). Tuve ocasión de diplomarme en Dirección Hospitalaria por la Escuela de Gerencia Hospitalaria del Ministerio de Sanidad y con una ayuda del F.I.S., realizar el curso Programa de Desarrollo Directivo (PDD) en el IESE. Fui el primer físico que formó parte de una Dirección Médica en un hospital. Estuve más de tres años como subdirector de los Servicios Médicos Centrales dirigiendo más de 200 facultativos. Fueron unos años muy duros pero también llenos de satisfacciones. Siempre recordaré el afecto que me mostraron mis compañeros. Aprendí que se puede dirigir con éxito cuando logras motivar a los subordinados en la tarea bien hecha cuando se actúa con respeto y con dignidad.

Cuando me nombraron asesor del Instituto Nacional de la Salud (INSALUD) en materia de protección radiológica, aproveché la ocasión que me brindaba el destino para organizar en los años 90 toda la red de Servicios de Protección Radiológica en los hospitales públicos de dicho organismo y el 7^o Curso Superior de PR (con la colaboración de Lucila Izquierdo, Marisa Marco y Susana Falcón) para titular a los jefes de Servicio. Fue un nuevo hito histórico: en un sólo año se crearon más de 150 plazas para físicos y ninguna para médicos.

Y así "atterricé" como jefe del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Ramón y Cajal de Madrid. Logré aunar un equipo fantástico de profesionales gracias a la exquisita colaboración de Natí Ferrer. Mi sucesora. Mi mayor orgullo: haber contribuido a la formación de 10 excelentes residentes que están todos trabajando en la actualidad (y tres en camino igual de excelentes).

Tuve una larga experiencia internacional. Nombrado "experto" por la Agencia Internacional de Energía Atómica en 1992, participé en varias misiones docentes y de inspección y control en Paraguay (donde nunca olvidaré todo lo que aprendí de la mano de Abel González), Marruecos, Túnez, Madagascar, Uruguay, etc. Por mandato del Ministerio de Sanidad representé a España en la Comisión Europea, en el Programa de Fisión Nuclear, dentro del Comité de Gestión y Coordinación del Programa de Investigación y Desarrollo en Protección Radiológica, llegando a ocupar la presidencia de dicho Comité de 1992 a 1995. Menudo susto. Pero salí bien parado gracias al apoyo de Jaak Sinnaeve, Annelore Schibilla y Henri Métiévier. Otro nuevo hito que me permitió conocer de cerca a todos los "primeros espadas" europeos de la PR. Entre ellos a Henri

- Jammet que me produjo una gran admiración. Y aproveché esta sinergia para introducir a la SEPR en diferentes proyectos internacionales, empezando por el Congreso sobre las consecuencias de las "nuevas" recomendaciones de la ICRP de 1990, con la colaboración de Emilio Iranzo. Ese Congreso (conocido como "Salamanca") nos permitió trabajar con Dan Beninson, Osvaldo Ilari, Annie Sugier y tantos otros que fueron el trampolín para poder entender la incorporación "real" de España en la PR internacional.

- Como presidente de la SEPR (sucediendo a Gustavo López Ortiz en 1994, ¡parece que fue ayer!) logré otro hito: junto con Juan Pedro Fernández Letón, presidente de la SEFM, iniciamos las gestiones con los Ministerios de Sanidad y de Educación y Ciencia y logramos la Especialidad Sanitaria de Radiofísica Hospitalaria (con el apoyo determinante de Mercedes Bezares). Fue como el *vini, vidi, vinci* de Julio César cuando venció a Farnaces aunque a nosotros nos costó más esfuerzo. Además inicié la andadura definitiva de nuestra revista RADIOPROTECCIÓN y de otro sueño: organizar el Congreso Mundial de IRPA en 2004. Mi único mérito: aunar y coordinar los esfuerzos de un equipo humano extraordinario en la que estaban representados todos los organismos y entidades vinculadas con la PR española. En relación a IRPA 11 dicen que fue el mejor congreso de la historia de la IRPA. No lo sé. Lo que sí sé es que fueron cuatro años de preparación más cuatro años de ejecución inolvidables para el mejor equipo organizador y científico que pude imaginar (liderados por David Cancio, Annie Sugier, Eduardo Gallego y Pío Carmena) por la ilusión y generosidad que pusimos. Fue el espaldarazo definitivo para elevar a la SEPR a estar entre las 10 sociedades científicas de PR más importantes en el mundo y lograr una colaboración muy estrecha con América Latina, especialmente con Perú (con la colaboración permanente de Eduardo Medina), Cuba, México, Brasil, Uruguay, Argentina y Colombia. Nunca olvidaré todos los congresos vividos en esas tierras maravillosas.

- Y lo más importante. Ese espíritu emprendedor y ambicioso se mantiene año tras año en todos los congresos y equipos directivos de la SEPR superándose con creces gracias a los presidentes que me sucedieron, Eduardo Sollet, Xavier Ortega, Ignacio Hernando, Pedro Carboneras, Pepe Gutiérrez, Rafael Ruiz Cruces, Pío Carmena, Marisa España y Eduardo Gallego. Y por el liderazgo de Manolo Fernández Bordes, Tomeu Ballester, Juanjo Peña, María Teresa Macías, Eugenio Gil, Manolo Rodríguez, Eliseo Vañó, Cristina Núñez de Villavicencio, Montse Ribas, Mari Cruz Paredes, Andrés Leal, Luis Miguel Tobajas, Alfonso García Lorente, Almudena Real, Beatriz Robles, Cristina Correa, Juan Carlos Mora, José Manuel Ordiales y tantos otros que me resulta imposible numerar.

- Ojala tuviera unos brazos gigantes para daros a todos un abrazo muy fuerte. Me siento muy feliz. Muchas gracias de corazón.

Miguel López Tortosa

- La aceptación de la amable invitación de RADIOPROTECCIÓN me lleva, con una cierta sensación de vértigo, a dirigir la mirada hacia el pasado para contemplar la memoria de mi actividad profesional en el campo de la protección radiológica. Sin embargo, debo agradecer la oportunidad de otear cuatro décadas de un país, un paisaje (el de la PR) y un paisaje. La mirada integradora de estos tres componentes dará cierto sentido a la narración que sigue.



Miguel López Tortosa.

Primera década: ausencia de radiaciones

En 1974, acabada la licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Barcelona y cumplido el servicio militar, paso a formar parte de los 85.000 habitantes de la ciudad de Tarragona, uno de los 480.000 habitantes de la provincia. La central nuclear Vandellós I lleva dos años de funcionamiento. La atención hospitalaria se realiza prácticamente en sólo un gran centro: el Hospital Juan

XXIII de Tarragona. El Hospital de Tortosa, Verge de la Cinta, iniciará su actividad en 1976 y el Hospital Sant Joan de Reus, Santa Tecla de Tarragona y Pius Hospital de Valls son centros pequeños que aún no habían iniciado su remodelación y modernización. Se cumple el décimo aniversario de la publicación de la Ley de Energía Nuclear.

Las materias clásicas de la Física acaparaban casi la totalidad de la licenciatura sin que contemplaran la menor posibilidad de formación en el campo de las radiaciones. La Universidad de Barcelona había vivido en gran efervescencia política. La dictadura vive sus últimos momentos y son tiempos de actividad política clandestina.

La Universidad Laboral de Tarragona (ULT) impartía enseñanzas de Formación Profesional, Bachillerato y, desde 1973, Ingeniería Industrial como centro adscrito a la Universidad Politécnica de Cataluña. Ingresé en la ULT en el curso 74-75 como profesor del Departamento de Física y Química, consolidando la plaza en 1976.

La Universidad de Barcelona creó, en 1971, delegaciones de las Facultades de Filosofía y Letras y de Químicas, en Tarragona. A finales de 1976 se propone el inicio de estudios de Medicina en Tarragona y comienza un curso caótico en 1977 al que me incorporo como profesor de Física Médica.

En abril de 1980 se crea el Consejo de Seguridad Nuclear. En marzo de 1980 se constituye el *Parlament de Catalunya* en el cual participo como diputado durante la primera legislatura 1980-1984.

Y así acaba la primera década caracterizada por la actividad política y ausencia de radiaciones.

Segunda década. Formación

Al terminar la primera legislatura del *Parlament de Catalunya* retomo la actividad docente en la Universidad Laboral y la Facultad de Medicina. En 1987 inicio el programa de diplomatura en Bioingeniería de la Universidad Politécnica de Cataluña que será completado con el máster en Bioingeniería en el bienio 89-90. Aquí se produce mi primer contacto con las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes.

En 1988 la Unidad de Oncología del Hospital Sant Joan de Reus contacta conmigo para proponerme colaborar en el proyecto de creación de la Unidad de Radioterapia del

hospital. Recuerdo las visitas de las tardes de los jueves del último trimestre de 1988 al Hospital Sant Pau de Barcelona por la amabilidad y paciencia de Montse Ribas y Teresa Eudaldo para enseñarme el *abc* de la Radioterapia.

La colaboración con el hospital continuó hasta 1995 y mientras tanto debo resaltar algunos acontecimientos relevantes:

- La puesta en marcha del Servicio de Radioterapia (Unidad de Cobalto, RX 220 kV y Philips 50) me permitió aprender de Santiago Millán y Lola Lardies el día a día de la protección radiológica y la dosimetría a pacientes.

- En 1990 realizo el Curso de Capacitación para Supervisores de Instalaciones Radiactivas en la UAB.

- Se publica el RD 1891/1991 sobre instalación y utilización de aparatos de RX con fines de diagnóstico médico.

En 1991 el Hospital Sant Joan me encarga la elaboración del proyecto de un Servicio de Física Médica y Protección Radiológica que, aparte de cubrir las necesidades del hospital, pudiese ser compartido con el resto de los hospitales de la zona.

Como paso imprescindible de ese proyecto realicé, en 1993, el Curso Superior de PR en el Ciemat y obtuve el título de especialista universitario en PR para instalaciones médicas de la UCM. Allí tuve la oportunidad de conocer a Marisa España, José Miguel Fernández Soto y Juan José Morant.

La URV absorbe en 1993 la Escuela de Ingeniería Técnica de la Universidad Laboral de Tarragona y paso a dedicarme, de forma exclusiva, a la docencia de la Física Médica y la colaboración con el hospital.

1994: ingreso en la SEPR, avalado por Gustavo López Ortiz que me había animado en la preparación del proyecto del Servicio de Física Médica y Protección Radiológica.

Tercera década: Un nuevo proyecto

El proyecto de Servicio de Física Médica y Protección Radiológica del Hospital Sant Joan de Reus no avanza y abandono el hospital para centrarme en la docencia y la investigación en la Facultad de Medicina.

En 1995, la URV mantiene estrechas relaciones con tres hospitales universitarios (Juan XXIII, Sant Joan y el Institut Pere Mata) y tres hospitales adscritos (Santa Tecla de Tarragona, Pius Hospital de Valls y Verge de la Cinta de Tortosa). Teniendo en cuenta los dos laboratorios de radioisótopos de la URV y la instalación de medicina nuclear del Hospital Juan XXIII, formaban un conjunto de 16 instalaciones con un total de 75 equipos de RX. Dado el tamaño de cada uno de los hospitales difícilmente podrían disponer de un servicio propio de protección radiológica.

Desde la Facultad de Medicina (con el apoyo del decano Dr. Masana) presentamos al rector el viejo proyecto, ahora avalado por el compromiso de los gerentes de los hospitales de establecer un convenio con la futura UTPR de la Universidad.

En noviembre de 1995, organizamos una exposición sobre radiaciones ionizantes y una jornada conmemorativa del centenario del descubrimiento de los RX. En el acto de clausura, el rector anunció que la URV contaría con la UTPR.

El 19 de diciembre de 1995, la *Universitat Rovira i Virgili* (URV) aprueba la memoria de creación del Servicio de Protec-

ción Radiológica con la finalidad de prestar los servicios de protección radiológica exigidos por la legislación vigente en aquel momento, organizar cursos homologados por el CSN que habiliten para la dirección y operación de instalaciones de RX con finalidad diagnóstica, abordar programas de formación continuada y de garantía de calidad en cada una de las instalaciones. Se establece que su ámbito de actuación estará formado por dos laboratorios de radioisótopos de la Universidad, las instalaciones radiactivas de los centros hospitalarios que tienen firmado convenio con la URV y otras instalaciones de RX de las comarcas de Tarragona.

En 1996 se incorpora Juan José Morant y elaboramos la memoria de la UTPR. Una vez autorizada por el CSN se inicia la actividad en 1997 actuando como director técnico y jefe de Protección Radiológica de la misma.

Dos directivas europeas son publicadas en 1996 y 1997:

- *Directiva 96/29/Euratom* se establecen normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes (29/06/96).
- *Directiva 97/43/Euratom* de 30 de junio de 1997 relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exploraciones médicas.

En el quinquenio siguiente se realiza un despliegue normativo a nivel nacional de influencia decisiva en la consolidación y progreso de la protección radiológica:

- *RD 1841/1997 sobre Criterios de Calidad en MN.*
- *RD 1566/1998 sobre Criterios de Calidad en Radioterapia.*
- *RD 1976/1999 sobre Criterios de Calidad en Radiodiagnóstico.*
- *RD 1836/1999 Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.*
- *RD 783/2001 Reglamento sobre protección sanitaria contra las RI.*

Una de las experiencias más interesantes relacionada con la difusión de la protección radiológica se llevó a cabo paralelamente al proceso de desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I (1998-2003). En el marco de la Universidad de Verano de la *Universitat Rovira i Virgili*, patrocinados por Enresa, se realizaron nueve ediciones (1996-2004) del curso *Protección radiológica, gestión de residuos radiactivos y desmantelamiento de instalaciones nucleares*. Participaron más de 500 alumnos y contamos con la colaboración de decenas de profesores nacionales e internacionales de reconocido prestigio en estos temas. Pedro Carboneras y Enric Batalla tuvieron un papel decisivo en este proyecto.

En 1999 obtuve el título de especialista en Radiofísica Hospitalaria.

No puedo cerrar esta década sin hacer referencia a dos personas a las que me une una gran amistad y con las que he compartido trabajos durante casi veinte años: Alfonso Calzado y Koos Geleijns. Recuerdo especialmente las tres ediciones (2001, 2003 y 2005) del curso *Garantía de Calidad en TC* en el programa de formación continuada de la SEFM.

Cuarta década: del XI Congreso a las VII Jornadas

En 2005 presenté la candidatura de Tarragona como sede del XI Congreso de la SEPR que fue aceptada en el congreso

- celebrado en Huelva. El reto planteado me dio la oportunidad de conocer más a fondo la SEPR desde la participación en las juntas directivas presididas por José Gutiérrez y Rafael Ruiz Cruces. El Congreso se celebró en septiembre de 2007. Tuve la satisfacción de contar con la extraordinaria colaboración de Montserrat Ribas como presidenta del Comité Científico y de Luis Miguel Tobajas e Ildelfonso Irún en el Comité Organizador. Paralelamente al Congreso se realizó una exposición sobre PR que denominamos *Expo PR*. La mayor parte del material expuesto quedó depositado bajo la tutela de la SEPR y de Enresa en el Centro Mestral donde puede ser visitada.

- En septiembre de 2006, por invitación de Enric Batalla, iniciamos una nueva línea de actuación al establecer un convenio con la *Generalitat de Catalunya* para realizar la gestión, mantenimiento, calibración de equipos, análisis y evaluación de datos e implementación de mejoras en sus dos redes de vigilancia radiológica ambiental: una general y otra específica en el entorno de las centrales nucleares de Ascó y Vandellós.

- El Grupo Técnico para la Renovación de la Red de Estaciones Automáticas (GTREA) del CSN inicia sus actividades en 2009 y participamos en él desde el primer momento. El principal objeto de este grupo es poner un proyecto común de modernización como resultado de la experiencia en los casi 20 años de existencia de las redes.

- En esta línea llevamos a cabo el desarrollo de dos equipos: estación de identificación y medida en tiempo real de la radiactividad ambiental gamma mediante espectrometría sobre filtro de papel; y estación de identificación y medida en tiempo real de la radiactividad ambiental gamma, mediante espectrometría con dos cristales de centelleo. Se encuentra en trámite la solicitud de patentes.

- Durante la celebración de las *VI Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental* celebradas en Cáceres en 2010 nos comprometimos (junto al Grupo de Cromatografía y Aplicaciones Medioambientales de la Facultad de Química de la URV) a organizar la VII edición para el año 2012. En esta ocasión tuve la oportunidad de trabajar junto a los compañeros de los laboratorios de radiactividad ambiental. Gracias Lucila Ramos, F. Legarda, M. Herranz, R. García-Tenorio y Rafael Núñez-Lagos del Comité de seguimiento (*alma mater*) de las jornadas.

- El compromiso se llevó a cabo unos meses después de mi jubilación y aprovechamos el evento para organizar, unas charlas y un taller sobre radiaciones para alumnos y profesores de enseñanza media de la provincia de Tarragona.

- Una de las aspiraciones largamente perseguidas a nivel docente era redistribuir la materia de Física Médica e introducir la PR en el plan de estudios de Medicina. El nuevo plan de estudios del 2009 mantiene FM en 1º, incorpora Diagnóstico por la Imagen en 3º y Protección Radiológica y acreditación para dirigir instalaciones de Radiodiagnóstico (como optativa, 3 créditos) en 5º. Durante el presente curso se acabará el proceso de implementación.

- Quedó para la posteridad aquella frase de Unamuno con la que manifestó su malestar y desencanto ante el ambiente humano que le rodeaba: "¡Qué país, qué paisaje y qué paisanaje!". Lo siento D. Miguel pero en este caso, por todo lo que antecede, me siento muy honrado y agradecido a este país, este paisaje y este paisanaje.

Agradecimientos

A todos los paisanos de la Protección Radiológica que no he podido citar anteriormente y, de forma especial, a mis compañeros del día a día de Física Médica en la Facultad de Medicina.

La SEPR presenta su candidata al premio al mejor trabajo de jóvenes del próximo Congreso IRPA Regional de Ginebra

23-27 de junio de 2014

Auspiciado por el Consejo Ejecutivo de la IRPA, en todos los congresos regionales o internacionales se viene organizando una competición para estimular a los colegas más jóvenes que presentan trabajos brillantes. Por ello, desde el Comité Organi-

zador del próximo Congreso IRPA Europeo de Ginebra, se animó a las sociedades participantes a nominar sus candidatos, tras el correspondiente proceso de selección nacional.

La SEPR ha elegido como candidata a María Pinto Monedero, quien ha hecho su periodo de físico residente en el Hospital Universitario Puerta de Hierro de Majadahonda (Madrid) y ya recibió uno de los premios a la mejor ponencia en nuestro pasado Congreso nacional celebrado en Cáceres. Ha quedado finalista Natividad Sebastià Fabregat, investigadora del Hospital Universitario y Politécnico La Fe de Valencia. La selección ha sido efectuada por los miembros de la Comisión de Actividades Científicas y de la Junta Directiva.

A ambas les deseamos un gran éxito en el Congreso, y una larga carrera científica y profesional que mantenga la brillantez con la que está comenzando.

Comité de redacción

NOTICIAS de ESPAÑA

20ª Jornada de Vigilancia Radiológica Ambiental

El Consejo de Seguridad Nuclear celebra anualmente una Jornada sobre Vigilancia Radiológica Ambiental con objeto de presentar los resultados obtenidos en las campañas de intercomparación que organiza anualmente, y analizar los aspectos más destacables de la vigilancia radiológica ambiental, constituyendo un foro adecuado para analizar los problemas y dificultades surgidos en el desarrollo de los programas de vigilancia y en la implantación de sistemas que garanticen la adecuada calidad de los resultados obtenidos en los mismos.

El pasado 27 de noviembre tuvo lugar, en la sede del CSN, la vigésima Jornada, en la cual se presentaron los resultados obtenidos en la campaña 2012-2013 sobre una muestra de suelo, y en la de 2013 sobre medida de niveles de radiación gamma ambiental mediante dosimetría de termoluminiscencia (TLD). También se abordaron temas de actualidad en la materia, como la nueva Orden Ministerial sobre gestión de los residuos generados en las actividades que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales y el Convenio OSPAR sobre la protección del medio ambiente marino del Atlántico Nordeste, convirtiendo esta Jornada en un foro de reflexión conjunta muy útil para enriquecer la calidad en la medida de la radiactividad ambiental.

La clausura de la Jornada corrió a cargo del consejero del CSN Fernando Castelló, quién destacó la gran experiencia y *know how* adquiridos durante las últimas décadas en este campo por parte de todos los implicados en los ejercicios de intercomparación, que permite que, en algunos casos, nos hayamos adelantado a las tendencias internacionales.

Asimismo, resaltó la importancia que la celebración de esta Jornada ha supuesto, durante una veintena de años, para la mejora en la calidad de las medidas, la eficacia de los laboratorios nacionales, la fiabilidad de los datos y el intercambio de información y experiencias entre los participantes, concluyendo

con el agradecimiento a todos los presentes por su asistencia y contribución, a los que emplazó a seguir trabajando en la misma línea de colaboración y profesionalidad.

Sofía Luque (CSN)

Primer laboratorio acreditado en España para Dosimetría Biológica

El Laboratorio de Dosimetría Biológica perteneciente al Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón ha obtenido la acreditación según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 para la estimación de dosis de radiación mediante el análisis citogenético de cromosomas dicéntricos en muestras de sangre. (Confirmación ENAC con fecha: 19 de Julio de 2013, nº de expediente: 619/LE2072 y Referencia: C.A. 34/13).

La radiación ionizante tiene efectos biológicos sobre las células que pueden ser detectados mediante el estudio de su material genético. El daño inducido en las células provoca la aparición de unos cromosomas, con dos centrómeros o dicéntricos, reconocibles al microscopio. Éstos aparecen con una frecuencia muy baja en individuos no expuestos a radiaciones ionizantes, de tal manera que, mediante el estudio de su frecuencia en una persona expuesta, se puede estimar la dosis de radiación absorbida utilizando curvas de calibración dosis-efecto generadas *in vitro*.

Este análisis de dosimetría biológica se puede utilizar en caso de incidentes radiológicos que afectan a individuos no sujetos a los programas de vigilancia dosimétrica personal. Este laboratorio está autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear para llevar a cabo estos análisis (*Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes*, RD 783/2001). Además, el laboratorio pertenece, junto con otros laboratorios españoles, al Consorcio Europeo RENEB (*Realising the European Network of Biodosimetry*), diseñado para la gestión de emergencias radiológicas.

Hasta el momento se habían acreditado cuatro laboratorios internacionales, siendo esta la primera acreditación concedida por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación y Certificación) para un laboratorio de dosimetría biológica en España.

El laboratorio cumple, además, con los criterios establecidos en la norma ISO 19238:2004 (*Radiation protection - Performance criteria for service laboratories performing biological dosimetry by cytogenetics*) para los laboratorios que realizan este servicio.

Alegría Montoro

Laboratorio de Dosimetría Biológica del Servicio de Protección Radiológica del Hospital Universitario y Politécnico La Fe. Valencia

Simulacro europeo de emergencia nuclear CURIEX 2013

Del 5 al 7 de noviembre de 2013, se realizó el simulacro general de intervención, en respuesta a un supuesto de accidente nuclear en la Central Nuclear de Almaraz (Cáceres), CURIEX (acrónimo de *Cáceres Urgent Response International Exercise*, en adelante Curix 2013).

Inicialmente, la organización del simulacro partió de la Subdelegación del Gobierno de Cáceres en cumplimiento de la normativa nacional vigente que fue asumida por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior, y presentada ante la Comisión Europea. El ejercicio fue financiado en un 85 % en el marco del Programa Financiero Comunitario del Mecanismo de Cooperación de Protección Civil de la UE.

El objetivo del simulacro ha sido probar todas las capacidades de respuesta asociadas al Plan de Emergencia Nuclear Exterior a la Central Nuclear de Almaraz (PENCA) y ejercitar la incorporación y apoyo de medios extraordinarios, nacionales y de la UE (Francia, Italia, Portugal, Bélgica y Marruecos, este último en base a acuerdos de colaboración con la UE) a través del Mecanismo Europeo de Cooperación Internacional (MIC). Todos los apoyos externos adicionales a los del PENCA, fueron solicitados, por la directora del PENCA, conforme a lo previsto a través del Plan de Emergencia Nuclear del Nivel Central de Respuesta y Apoyo (PENCRA).

Ha quedado fuera del alcance del Curix, la respuesta de la Organización de Respuesta (ORE) del titular, que se prueba anualmente con motivo de la realización de los simulacros anuales del Plan de Emergencia Interior (PEI).

El escenario técnico del Curix es el resultado de varios supuestos de accidente de baja probabilidad de ocurrencia, que deben concatenarse para dar lugar a un accidente categoría IV del PEI, emergencia general, que lleva a situación 3 del PENCA. La respuesta del titular se centró en identificar dichos eventos y notificarlos a la Dirección del PENCA, al CSN y autoridades involucradas en la respuesta, para adoptar en la zona de planificación las contramedidas previstas para evitar o minimizar el impacto radiológico en la población y bienes potencialmente afectados.

El objetivo general de este simulacro europeo ha sido evaluar el conjunto de interacciones y modos de organización y coordinación entre los distintos organismos, nacionales e internacionales, implicados en un accidente nuclear.

- Además de evaluar la idoneidad y participación de un equipo de protección civil europea (EUCPTeam) en una situación de estas características.
- A nivel nacional los objetivos han sido:
 - Ensayar y ejercitar la puesta en marcha de la organización completa prevista en el PENCA, en respuesta a un accidente nuclear.
 - Revisar la coordinación local, regional y nacional, la cadena de mando y las vías y modos de comunicación incluidos en los respectivos planes.
 - Revisar los protocolos operativos de los distintos grupos de intervención.
 - Promover la implementación de procedimientos operativos, en todos los niveles administrativos, para acoger equipos de intervención internacionales de acuerdo a las pautas de la UE.
 - Promover la implicación de la población en las emergencias nucleares al evaluar el grado de eficacia de la información previa recibida por la misma.
 - Revisar la gestión de la comunicación de crisis y la participación e implicación de los medios de comunicación.
 - Evaluar la tecnología UAV (vehículos aéreos no tripulados) en misiones de evaluación.
 - Implementar el uso del GPS para hacer seguimiento de la localización y movimientos de los distintos equipos de intervención.
 - Implementar el uso del SIAGEN (*software* de apoyo a la gestión de emergencias nucleares) ya que es una herramienta nueva desarrollada para ayudar a los gestores en la toma de decisiones puesto que tiene en cuenta parámetros meteorológicos y naturales.
- Y a nivel internacional los objetivos han sido:
 - Ensayar la operatividad y coordinación de equipos europeos y de otras naciones sobre el terreno.
 - Añadir formación a los expertos internacionales en materia radiológica y nuclear en caso de un accidente de estas características.
 - Evaluar la movilización de módulos europeos de ayuda en emergencia a través del Sistema de Comunicación Interna (CECIS) en caso de una emergencia nuclear.
 - Ejercitar los nuevos procedimientos emanados de las conclusiones del Consejo de la Unión Europea de 3 de diciembre de 2010, relativas a las acciones de preparación y respuesta en relación con el ofrecimiento y recepción de ayuda Europea a través del Mecanismo Comunitario de protección Civil. (*HNS, Host Nation Support*).
 - Evaluar la interoperabilidad entre estados y compartir criterios radiológicos para emergencias y planificación en accidentes relacionados con centrales nucleares, considerando la experiencia de Fukushima.
 - Revisar los procedimientos de comunicación de IEC (*Incident Emergency Center*) del OIEA a través de USIE (*Unified System for Information Exchange in Incidents and emergencies*), de cara a proporcionar información del accidente a todos los estados miembros. Igualmente a través de ECURIE (*European Community Urgent Radiological Information Exchange*). También se evaluarán los procedimientos de asistencia de la RANET (*Response Assistance Network*) del OIEA.

Área Afectada y Zonas de Planificación

La central nuclear de Almaraz está ubicada en la comarca de Campo Arañuelo, situada en el extremo noreste de la provincia de Cáceres. Naval Moral de la Mata (17.000 hab.) es el municipio cabecera de comarca a unos 13 km de CN Almaraz (Figura 1).

Domina en la zona de planificación el clima mediterráneo, con influencias continentales y atlánticas; tiene una precipitación media anual entre 550 y 650 mm, y la temperatura media es de 16,1°C. El verano es caluroso y seco, mientras que el invierno es húmedo y frío. El relieve es poco accidentado. Abundan las tierras de dehesas en las que el monte bajo se mezcla con encinares y alcornoques, si bien existen zonas de cultivos de regadío y tiene gran importancia la ganadería extensiva de vacuno, ovino y caprino. Dentro del área de planificación de los 30 km hay zonas de alto interés ecológico, pertenecientes al Parque Natural de Monfragüe.

Para llevar a cabo una correcta gestión de la emergencia se definen las siguientes zonas de planificación (Figuras 2 y 3):

La **Zona 0** o zona bajo control del explotador es el área en la que se ubica la central y los terrenos que la circundan en las que no está prevista ninguna actividad dentro del simulacro Curiox.

La **Zona I** o zona de medidas de protección urgentes es el círculo de 10 km. de radio, concéntrico con la central nuclear. En esta zona **deberán planificarse medidas de protección urgentes**.

La Zona I se divide en tres subzonas, IA, IB y IC, atendiendo al nivel de riesgo esperable en cada una de ellas:

- La **Subzona IA** comprende el círculo de tres km de radio, concéntrico con la central nuclear.

- La **Subzona IB** es la corona circular comprendida entre las circunferencias de radios de tres y cinco km, concéntricas con la central nuclear.

- La **Subzona IC** es la corona circular comprendida entre las circunferencias de radios de cinco y diez km, concéntricas con la central nuclear.

En caso de un accidente real, dependiendo de su gravedad y de las circunstancias atmosféricas, la aplicación de las medidas de protección podrá limitarse a una parte de las zonas de planificación o extenderse más allá de éstas.



Figura 1. Comarca de Campo Arañuelo.



Figura 2. Zona I de planificación.

Por ello, para conseguir la eficiencia en la aplicación de medidas de protección urgentes, se establecen a continuación el **sector y la zona de atención preferente**:

- **Sector de atención preferente:** es el sector circular de la rosa de los vientos de amplitud $\pi/8$ radianes, concéntricos con la central nuclear, en el que se encuentra la dirección predominante a la que se dirige el viento, junto con los dos sectores adyacentes de la misma amplitud.

- **Zona de atención preferente:** es el área geográfica que comprende la Subzona IA y el sector de atención preferente de la Subzona IB. En la zona de atención preferente, en caso de un accidente de Categoría IV, se aplicarán de forma inmediata las medidas de protección urgentes asociadas a la Situación 3. En el resto de la Zona I se aplicarán las medidas de protección urgentes asociadas a la Situación 2.

La **Zona II** o **zona de medidas** de protección de larga duración es la corona circular comprendida entre las circunferencias de radios de diez y treinta kilómetros, concéntricas con la central nuclear, en la que las vías de exposición a la radiación están asociadas, fundamentalmente, al material radiactivo depositado en el suelo tras el accidente. En esta zona se deberán planificar medidas de protección para reducir las dosis a largo plazo provenientes de las sustancias radiactivas depositadas y de la ingestión de alimentos y agua contaminados.

La Zona I, en la que se desarrollará el simulacro, comprende nueve municipios con su núcleo urbano que son: Almaraz, Belvis de Monroy, Casas de Miravete, Casatejada, Higuera, Romangordo, Saucedilla, Serrejón y Valdecañas de Tajo. Además incluye el parte de los términos municipales de otros tres municipios: Mesas de Ibor, Millanes y Toril.

Hipótesis Accidental del Curiox. Fases

El escenario técnico, supone un incidente nuclear en el interior de la central, que una vez comunicado y ante una perspectiva de agravamiento, provoca la activación del Plan Exterior, adoptándose desde los primeros momentos un despliegue del control de accesos y una evacuación preventiva del entorno habitado más próximo de la central (Zona 1A), antes de producirse cualquier tipo de escape radiactivo al exterior (Categoría II o III).

Al final del primer día y después de experimentar la situación en la central un deterioro paulatino, se producirá una fuga radiactiva al exterior bajo condiciones meteorológicas determinadas, que

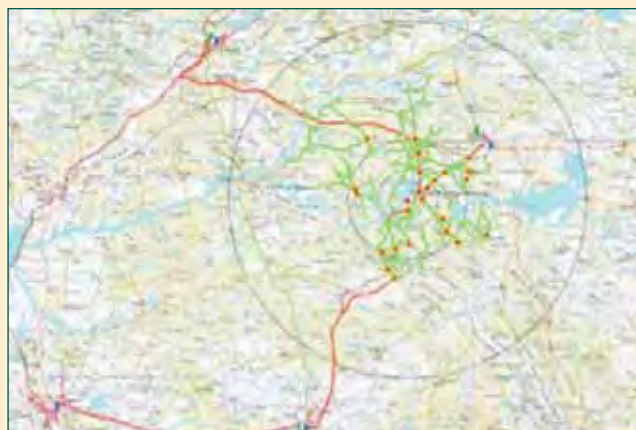


Figura 3. Zonas I y II (10 y 30 Km de radio) en el entorno de la CN de Almaraz. provocará una nube radioactiva transportada por el viento hasta su completa deposición sobre el terreno (Categoría IV). En este momento se requerirá la ayuda internacional prevista y situada en el terreno previamente.

Ello da lugar a la implantación de las medidas de protección consideradas en el Penca, desde el confinamiento domiciliario, la profilaxis radiológica y finalmente la evacuación, así como el empleo masivo de equipos de medida y control radiológico para la caracterización de las áreas afectadas, la activación de las estaciones de clasificación y descontaminación para la atención de personas potencialmente contaminadas y de las áreas base de recepción social, para la recogida y en su caso el avituallamiento de personas evacuadas.

Durante el ejercicio se simuló la determinación y proceso de toma de decisiones acerca de las restricciones de consumo de agua y alimentos de la zona, por razón de la contaminación radiológica simulada, así como los posibles efectos sobre la agricultura, ganadería y fuentes de suministro de agua potable y su repercusión sobre la salud y alimentación de los habitantes de las áreas supuestamente contaminadas, tanto en la fase urgente como aquellas otras de más larga duración. (Figura 4).

En el tercer día del ejercicio, y tras el transcurso de un tiempo ficticio de 15 días se tomaron muestras y análisis de las medidas de caracterización de la contaminación sobre el río Tajo, así como otras de comunicación y coordinación que deban ser adoptadas en esta fase de recuperación.



Figura 4. Esquema de desarrollo del escenario radiológico propuesto durante los tres días.



Figura 5. Estación móvil de descontaminación de la Unidad Militar de Emergencias (UME).



Figura 6. Tareas de medida de contaminación del personal actuante en una Estación de Clasificación y Descontaminación (ECD).



Figura 7. Atención de personal en ECD móvil.

Cronología del simulacro

1er. Día

Partiendo de planta estable

- T=0. Se produce suceso en una Unidad de CN Almaraz que afecta a la refrigeración del reactor, evolucionando desfavorablemente.
- T aprox. 4 h. Entrada en Guías de Accidentes Severos por descubrimiento del núcleo. Categoría IV (eso lleva a declarar Situación 3 del Penca en Zona de Atención Preferente y Situación 2 en resto Zona 1).
- Resto del día: Fusión del núcleo. Empeoramiento de condiciones dentro de Recinto de Contención (sin llevar a fallo del mismo) produce un vertido radiactivo en el exterior moderado pero apreciable, por fugas del Recinto del orden de las fugas de diseño de este.
- Durante la noche se supone que se mantienen esas condiciones, sin mayores novedades.



Figura 8. Medios móviles de caracterización radiológica de la UME.



Figura 9. Personal del Grupo Radiológico en uno de los controles de acceso.

2º Día

- T=1 h. aprox. a T= 4 h. (+24:00 horas desde inicio) Empeoramiento de condiciones dentro de Recinto de Contención hacen observar un aumento del vertido y presumir su fallo. Declaración de Situación 3 en toda la Zona 1, por estimación de efectos radiológicos del posible vertido.
- T= aprox. 4 h.: gran vertido radiactivo por fallo del Recinto de Contención. Se produce contaminación muy apreciable en Zona 1 y se aprecia existencia de contaminación en Zona 2.
- T= aprox. 8 h.: se consigue reanudar refrigeración del reactor, lo que disminuye notablemente el vertido, aunque el Recinto de Contención queda con fugas
- Final del día: continúa refrigeración reactor, Recinto de Contención con fugas moderadas.

3º Día

- Salto de dos semanas en el tiempo. Planta ya estabilizada. Fase intermedia de la emergencia. Se ha producido la contaminación del terreno (por nube radiactiva, sobre todo del 2º día) y medio acuoso, en especial el río Tajo (deposición de la nube más vertido líquido radiactivo directo). Se trata de gestionar las consecuencias de esa situación.
- Se analiza el retorno de la población evacuada a sus domicilios en las zonas en las que contaminación del terreno sea aceptable (después de la correspondiente verificación radiológica en la Zona 1), se analizan métodos y técnicas de descontaminación y restricciones que deben adoptarse en la zona afectada.

A continuación se adjuntan tablas con la participación de técnicos del CSN y de personal de organizaciones de apoyo al CSN en emergencias, en diversas ubicaciones, durante los dos primeros días correspondientes a la fase urgente del ejercicio.

Cecop	3
CECO	1
Dírex	1
Observadores a tiempo parcial en todas las ubicaciones	7
Salem	28
Puesto de Mando Avanzado (Base Naval Moral)	2
ECD Plasencia y Trujillo	2
Controles de acceso radiológicos	4
Cecopales de la Zona I	1
Unidades Móviles	4
Reserva/Apoyo incidencias	5
TOTAL PERSONAL TÉCNICO DEL CSN	58

UTPR de la empresa Eulen - Proinsa	24
Ciemat	3
Unidad móvil Laruex de Junta de Extremadura	3
Medidor de radiación corporal de Tecnatom	3+2 Observadores
Personal técnico de Enresa	6
Personal del Centro Nacional Sanidad Ambiental, Instituto Carlos III	8
Unidad NRBO Guardia Civil	25
Unidad Militar de Emergencia (GIETMA) + NRBO Valencia	138
TOTAL EFECTIVOS NACIONALES	212

Francia	50
Italia	25
Bélgica	20
Marruecos	19
Portugal	15
TOTAL EFECTIVOS INTERNACIONALES	129

Personal técnico del CSN	58
Personal de Apoyo al Grupo Radiológico del PENCA Nacionales	212
Personal de Apoyo al Grupo Radiológico del PENCA Internacionales	129
TOTAL EFECTIVOS DEL GR O DE APOYO AL GR DEL PENCA	399

Desarrollo del Curiex

El ejercicio Curiex se desarrolló según las previsiones. Ha supuesto un gran despliegue de personal y de medios, fundamentalmente para la detección y medida de la radiación.

Como aspecto novedoso respecto de otros simulacros generales, hay que decir que se han considerado actuaciones correspondientes al inicio de la fase de recuperación, desarrolladas el tercer día.

Como novedades respecto de lo que contempla el Plaben y por tanto el Penca, decir que contó con la figura del Direx, centro desde el que se controlaron tiempos y se inyectaron eventos para los actuantes, ubicado próximo al Cecop de Cáceres, que cubría la carencia de una central nuclear realmente accidentada y los campamentos Base de Naval Moral de la Mata, sedes del personal y medios de la participación Internacional y de algunos de las Organizaciones Nacionales (UME, Guardia Civil, personal de campo del CSN de apoyo al Grupo Radiológico).

El juicio crítico realizado al finalizar Curiex sirvió para que todas las organizaciones participantes efectuasen sus comentarios en caliente, casi todos positivos, no obstante en este momento, el CSN está evaluando los comentarios de sus propios participantes y de las empresas que apoyaron al Grupo Radiológico del Penca, y en próximas semanas, está previsto hacer público un informe de evaluación con el fin de evidenciar las lecciones aprendidas (sugerencias, recomendaciones y buenas prácticas).

José Manuel Martín Calvarro
Jefe del Área de Planificación de Emergencias, CSN

Nombramientos en el CSN

Resolución de 30 de octubre de 2013, del Consejo de Seguridad Nuclear, publicada en el BOE núm. 274, de 15 de noviembre de 2013.

Don Francisco Javier Zarzuela Jiménez, funcionario de la Escala Superior del Cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, como Subdirector de la Subdirección de Protección Radiológica Operacional.

Don Miguel Calvín Cuartero, funcionario de la Escala Superior del Cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, como Subdirector de la Subdirección de Emergencias y Protección Física.

Don Manuel Rodríguez Martí, funcionario de la Escala Superior del Cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, como Subdirector de la Subdirección de Instalaciones Nucleares.

Comité de Redacción

Laboratorio de Radiación Natural

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Cantabria (LaRUC) en colaboración con Enusa S.A. y desde enero de 2014 con el Ciemat, hospedan el laboratorio de radiación natural (LRN) en el emplazamiento de una antigua mina de uranio situada en Saellices el Chico (Salamanca), donde las concentraciones de radón están sujetas a variaciones diarias debidas a las condiciones medioambientales, haciendo de este laboratorio un sitio perfecto para la experimentación en temas de radiactividad ambiental, así como un lugar idóneo para la

• verificación de instrumentación especializada en la medida de la radiación natural. Más información en: www.elradon.com.

Sofía Luque (CSN)

Orden IET/1946/2013

17 de octubre, por la que se regula la gestión de los residuos generados en las actividades que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales (BOE 23 de octubre de 2013)

• La Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear, establece que residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el que no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.

• Por su parte, el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, y modificado por Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, establece, en su título VII, que los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el artículo 2.1 de dicho Reglamento, en las que existan fuentes naturales de radiación, deberán declarar estas actividades ante los órganos competentes en materia de industria de las comunidades autónomas en cuyo territorio se efectúan y realizan los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

• En esta Orden se recogen los valores de las concentraciones de actividad (niveles de exención/desclasificación) que, en caso de no superarse, permiten abordar directamente la gestión convencional de los residuos procedentes de estas actividades, a los que se denomina residuos NORM (*Naturally Occurring Radioactive Material*), sin ninguna restricción de tipo radiológico.

• Es por tanto objeto principal de esta Orden la de regular la gestión de los residuos que contengan radionucleidos naturales, denominados «residuos NORM», entendiéndose por tales aquellos materiales o productos de desecho para los cuales el titular de la actividad en la que se generan no prevea ningún uso, debiendo por tanto ser objeto de una gestión adecuada. Su texto completo se encuentra disponible en el siguiente enlace: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/10/23/pdfs/BOE-A-2013-11087.pdf>

Comité de redacción

Jornada monográfica sobre los resultados de la 5ª Intercomparación entre los Servicios de Dosimetría Personal Externa autorizados por el CSN

• El día 31 de octubre de 2013 tuvo lugar en la sede del CSN una jornada monográfica sobre los resultados de la 5ª Intercomparación entre los Servicios de Dosimetría Personal Externa (en adelante, SDPE) autorizados por el CSN. Dicha jornada contó con la presencia de representantes de todos los SDPE participan-



tes, así como de los laboratorios metrológicos colaboradores del CSN en el desarrollo de la intercomparación. Durante la misma, se expusieron los objetivos y los detalles del desarrollo de la intercomparación (M^ª Luisa Tormo, CSN), los aspectos técnicos sobre las irradiaciones de los dosímetros en los laboratorios metrológicos (Miguel Embid Segura, LMRI del Ciemat), los criterios de análisis de resultados (Mercè Ginjaume Egido, LMRI del INTE, UPC) y la valoración final de dichos resultados (Ignacio Amor Calvo, CSN). Durante la jornada se propició el coloquio y el intercambio de opiniones entre los distintos agentes participantes en la intercomparación y se comentaron posibles líneas de mejora tanto para el funcionamiento de los SDPE, como para el desarrollo de futuras intercomparaciones.

M^ª Luisa Tormo, CSN

Simulacro de emergencia internacional CONVEX-3 (2013)

Los días 20 y 21 de noviembre de 2013 tuvo lugar el ejercicio de mesa ConvEx-3 (2013) *Bab-al Maghrib*, organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). El propó-

- sito de los ejercicios ConvEx-3 es evaluar la respuesta ante un accidente radiológico importante, y en particular, el intercambio de información y la asistencia internacional. Estos ejercicios se realizan cada 3-5 años; y hasta la fecha se han realizado tres, todos ellos relacionados con accidentes en centrales nucleares. Este ejercicio ha sido el primero de la serie 3 que no ha estado relacionado con accidentes nucleares. El escenario considerado ha sido una emergencia radiológica severa provocada por un suceso relacionado con la seguridad física (detonación de dos dispositivos de dispersión radiológica –bombas sucias– por un hipotético grupo terrorista) en dos ciudades de Marruecos. La primera bomba se simuló su detonación a las 07:20 UTC en el puerto de Tánger (Tanger-Med); y la detonación de la segunda bomba se simuló 13 horas después, en la plaza de la Medina de Marrakech.

- Los puntos de contacto de España para las Convenciones de Pronta Notificación y Asistencia Mutua en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica son respectivamente el Consejo de Seguridad Nuclear y la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, dependiente del Ministerio del Interior. Dichos organismos se encargaron de la preparación y planificación del ejercicio, así como la activación de otros organismos tales como: Departamento de Seguridad Nacional, Cuerpo Nacional de Policía, Guardia Civil, Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Asuntos Exteriores, Autoridad portuaria y Ciemat (Centro de investigaciones energéticas, medio ambientales y tecnológicas).

- Debido a que este tipo de emergencias, no afectan a grandes extensiones de terreno, ya que lo que se persigue con este tipo de actos es causar pánico y grandes desastres económicos, no se activó la totalidad de las Organizaciones de Respuesta a Emergencias de los organismos españoles involucrados. Durante el ejercicio se simuló que la nube provocada por la detonación de Tanger Med afectaba ligeramente a la ciudad de Ceuta (se simuló un incremento de 54 % con respecto al valor de fondo), lo cual motivó el primer mensaje de aviso realizado por las autoridades españolas, debido a un aumento de los niveles de radiación en una parte del territorio español de origen desconocido, sin que fuera necesario adoptar medidas de protección para la población. Dicho mensaje sirvió como punto de partida para el ejercicio que realizó la Unión Europea dentro de la Decisión del Consejo ECURIE (*European Commission Urgent Radiological Information Exchange*) y de la plataforma EURDEP (*European Radiological Data Exchange Platform*).

- Durante el ejercicio, España envió 7 informes sobre la situación radiológica en territorio español (principalmente en Ceuta y zonas del litoral sur del mar Mediterráneo) para cumplir con la Convención de Pronta Notificación, y un informe para cumplir con la solicitud de ayuda requerida por Marruecos dentro de la Convención de Asistencia Mutua. Así mismo, se enviaron comunicados a la Unión Europea a través del sistema ECURIE, y se participó en una multiconferencia con todos los estados miembros de la UE.

- Se enviaron un total de 54 informes de informes de situación, medidas de radiación y petición de ayuda de un total de 25 países y una organización internacional.

Juan Pedro García Cadierno
Jefe de Área de Coordinación de Operaciones de Emergencia
Consejo de Seguridad Nuclear

Directiva 2013/59/Euratom del Consejo

5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes

El pasado día 17 de enero de 2013 se publicó esta nueva Directiva en el Diario Oficial de la Unión Europea, con objeto de establecer las normas básicas de seguridad uniformes aplicables a la protección de la salud de las personas sometidas a exposición ocupacional, médica y poblacional frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes.

Esta nueva norma deroga a las anteriores Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom, y contará con un plazo de cuatro años para su transposición a la legislación española.

El texto completo en español se encuentra disponible para su descarga en el siguiente enlace: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:ES:PDF> o en la web de la SEPR

Comité de redacción

Directiva 2013/51/EURATOM del Consejo

22 de octubre de 2013, por la que se establecen requisitos para la protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano

La Directiva ha sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea con fecha de 7 de noviembre de 2013 con objeto de establecer los requisitos para la protección de la salud de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano. En ella se fijan valores paramétricos, frecuencias y métodos de control de dichas sustancias.

El contenido de esta Directiva sustituye a lo establecido en la 98/83/CE en lo referente a los requisitos para la protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano y contará con un plazo de dos años para su transposición a la legislación nacional de los Estados Miembros de la Unión Europea.

El texto completo en español se encuentra disponible para su descarga en el siguiente enlace: <http://new.eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2013:296:FULL&from=EN>

Comité de redacción

Sexto workshop EAN-NORM

Durante los días 2 al 5 del diciembre pasado, se celebró en la sede de Madrid del Ciemat el Sexto *workshop* de la Red Europea Alara NORM (sus siglas en inglés son EAN-NORM). En este sexto *workshop* se planteó analizar las alternativas en la gestión de los residuos NORM, además de organizar una jornada temática dedicada a la problemática específica del radón y a la aparición de los NORM en las nuevas Normas Básicas de Seguridad.

En este *workshop* participaron cerca de 90 asistentes, tanto de países europeos (Alemania, Austria, Bélgica, Francia, España, Holanda, Italia, Noruega, Polonia, Croacia, Reino Unido, República Checa, Hungría o Suecia), como no europeos (Japón, México, Israel, Corea del Sur o Angola), presentándose unas 40 ponencias junto con cuatro mesas redondas en las que se trataron todos aquellos temas que los asistentes consideraban de interés. El número de asistentes indica el interés que despertó, tanto la agenda del *workshop*, como el lugar en el que se celebraba.

Esta ha sido la segunda vez que el *workshop* se realiza fuera del lugar en el que habitualmente se ha venido celebrando (Dresde, en Alemania), internacionalizando definitivamente el evento, así como dando al evento una continuidad, únicamente sostenida por el interés que la temática despierta en las distintas empresas que participan. Es de destacar el apoyo que este *workshop* ha recibido desde su comienzo, tanto desde la Unión Europea como del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), que han participado en todos los *workshops* hasta la fecha.

Durante el *workshop* se presentaron varias ponencias dedicadas a la reutilización de los NORM como materiales de construcción o en prácticas agrícolas, discutiendo además las distintas opciones empleadas en los países en cuanto a la exención de estos materiales en diferentes condiciones de gestión. También se realizaron presentaciones en las que se mostraron la aplicación del protocolo de vigilancia radiológica de las chatarras al caso concreto de los NORM o las distintas opciones que pueden plantearse en las industrias en las que se generan este tipo de materiales. No faltaron presentaciones en las que se mostraron los resultados de programas de vigilancia en las diferentes industrias, o de modelos aplicables a los distintos casos estudiados. Igualmente se abordó la opción del uso de vertederos de residuos no radiactivos para la gestión de NORM, bajo el prisma de las distintas regulaciones en Europa.

Se presentaron además dos plataformas estrechamente relacionadas, una que persigue la normalización de las medidas que involucran materiales NORM, diseñando procedimientos de medida, o discutiendo cómo deben ser los patrones a utilizar en este caso determinado, denominada Metronorm, y una segunda en la que se busca optimizar el uso de los distintos materiales NORM como materiales de construcción, llamada Norm4Building. En ambas plataformas ya existe presencia española, y puede encontrarse más información al respecto a través de dichos representantes.

En la jornada temática se presentaron las novedades que las Normas Básicas de Seguridad, de reciente publicación tanto por la Unión Europea como por el OIEA, plantean en el campo y cómo se han resuelto aspectos que resultaron difíciles de acomodar a las opiniones de los reguladores de los distintos países. Ambas presentaciones resultaron de gran interés ya que, en particular la europea, deberán implementarse en las legislaciones de los países que están sometidos a su cumplimiento (ambas pueden consultarse a través de la web de la SEPR). También se mostraron los avances que se están llevando a cabo en distintos aspectos en la protección contra el radón, incluyendo las dificultades en su que aparecen a la hora de realizar las medidas.



Si bien existieron varias conclusiones interesantes que pudieron extraerse de la reunión, una de las principales fue que en la protección radiológica de las industrias NORM se ha andado una parte del camino, existiendo ya regulación dirigida en exclusiva a encauzar sus problemas específicos. Sin embargo, debe ahora afrontarse, de un modo cuidadoso, su implementación práctica de forma que se asegure la adecuada protección de las personas, pero sin llegar a ahogar a la industria que ahora se ve regulada bajo este aspecto, nuevo para la mayoría de ellas.

Todas las presentaciones realizadas en el *workshop* se han distribuido a los participantes del mismo, pudiendo consultar en la web del EAN-NORM los resúmenes de las mismas (www.ean-norm.net).

El séptimo *workshop* será celebrado en los Países Bajos, organizado por COVRA, mientras que el octavo ya se ha planteado en Dresde de nuevo, organizado por el IAF – *Radioökologie GmbH*, centro promotor de la Red.

Juan Carlos Mora.

En nombre del Comité Organizador del 6º EAN-NORM Workshop

El Joint Research Centre (JRC) de la Comisión Europea aborda la problemática asociada a la medida del índice de actividad alfa y beta total en agua potable

Los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom emplazan a los Estados Miembros (EEMM) de la Unión Europea a crear las instalaciones necesarias para monitorizar de modo continuo la radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo, así como a comunicar esta información regularmente a la Comisión Europea. Los métodos de medida utilizados deben ser adecuados a los objetivos, y los resultados precisos, correctos y comparables.

El artículo 39 de este mismo Tratado, otorga al JRC el mandato legal para recolectar los datos aportados por los EEMM garantizando su buena calidad, para lo que, entre otras medidas, se llevan a cabo regularmente ejercicios de intercomparación entre laboratorios relacionados con esta materia. Los resultados de estas intercomparaciones son utilizados por la CE en la evaluación

de la calidad de los datos recibidos por los EEMM y a la vez aportan a los laboratorios una referencia para medir sus propias capacidades.

En este sentido, el pasado año 2013, el Instituto de Referencia de Materiales y Medidas (IRMM) del *Joint Research Center* (JRC) de la Comisión Europea organizó y coordinó una intercomparación centrada en la medida del índice de actividad alfa y beta total en agua, para la que contó con la participación de 71 laboratorios de investigación procedentes de 31 países europeos. La intercomparación se llevó a cabo sobre tres muestras de agua cuyos valores de referencia fueron establecidos por el IRMM, en el caso de una de ellas en estrecha colaboración con el Laboratorio de Investigación de la Radiación (RIVM) de Dinamarca y el labora-

- torio del Centro de Investigación Nuclear Belga SCK-CEN.
- Los resultados de esta intercomparación se presentaron a los laboratorios participantes los días 22 y 23 de octubre en un Workshop que tuvo lugar en la sede del IRMM en Geel (Bélgica), workshop en el que también se presentaron los resultados de una intercomparación de radionucleidos naturales en arándanos recolectados en la zona de Chernóbil y otra sobre radionucleidos naturales y artificiales en muestras de suelo, obteniendo en las dos últimas buenos resultados en general. En el caso de las muestras de agua, sorprendentemente, el ratio entre los valores de actividad más altos y más bajos enviados por los laboratorios participantes llegó a alcanzar un factor de 3.200, dando lugar a que únicamente un 35 % de las medidas se consideraran aceptables.

En este sentido, cabe destacar la presencia española en este *workshop*, que contó con una presentación por parte de un representante de la Universidad de Barcelona sobre el estudio de la problemática existente en la determinación del índice de actividad alfa total en aguas potables, derivada de un proyecto de investigación financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) llevado a cabo en colaboración entre la citada Universidad, la Universidad de Cáceres y la Universidad Politécnica de Cataluña durante los años 2009-2012, como consecuencia de los resultados obtenidos en una intercomparación anterior.

Los días posteriores a este *workshop*, (24 y 25 de octubre), se mantuvo una reunión técnica entre representantes de los estados miembros de la Unión Europea y oficiales de la Comisión Europea, en la que a raíz de los resultados obtenidos en este *workshop* se puso de manifiesto la necesidad de estandarización y profundización en el estudio de la medida del índice de actividad alfa y beta total en agua potable.

En esta reunión técnica, el IRMM-JRC planteó posibles razones para las discrepancias, relacionándolas con la experiencia en este tipo de medidas y la sensibilidad de los métodos utilizados, considerándolos no robustos. Se debatió la posibilidad de utilizar técnicas de medidas específicas de radionucleido, como se hace actualmente en Austria, aunque finalmente se descartó esta medida por considerarse muy costoso para la mayoría de

los estados miembros. Finalmente, se optó por tratar de mejorar este tipo de medidas a través del estudio de las mejores metodologías, la formación, el entrenamiento y la estandarización de métodos. El IRMM ha lanzado una primera publicación sobre esta materia que se encuentra disponible *online* en el siguiente enlace <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradi-so.2013.11.073>

Uwe Waetjen (IRMM-JRC, CE) y Sofía Luque (CSN)

Segunda Reunión Técnica de Modaria

Durante la semana del 11 al 15 de noviembre de 2013 se celebró la Segunda Reunión Técnica de Modaria en la sede del OIEA en Viena, en la que participaron 153 asistentes de distintos centros de investigación, operadores de instalaciones nucleares y radiactivas, así como reguladores, provenientes de 43 países de todo el mundo. La presencia española en este proyecto fue de siete personas, liderando además dos de los grupos de trabajo (WG5 y WG10).

Para dar continuidad a los proyectos EMRAS y EMRAS II, en los que se buscaba la mejora de los modelos predictivos del comportamiento de los radionucleidos en el medioambiente, en 2012 se lanzó el programa MODARIA (*Modelling and Data for Radiological Impact Assessments*) que pretende mejorar las capacidades existentes en el campo de la evaluación de las dosis al ser humano y al medioambiente, recopilando mejores datos para comprobar los modelos existentes o el desarrollo de los mismos en caso necesario.

El objetivo principal se ha centrado en la mejora de los modelos de transferencia para, así, reducir las incertidumbres asociadas a estas evaluaciones. También en el desarrollo de nuevas metodologías que fortalezcan las evaluaciones del impacto radiológico al hombre, a la flora y a la fauna.

En este proyecto se constituyeron 10 grupos de trabajo separados en cuatro áreas:

• Rehabilitación de Zonas Contaminadas

- Grupo de Trabajo 1 – Estrategias de rehabilitación y técnicas de ayuda a la decisión
- Grupo de Trabajo 2 – Exposiciones en ambientes urbanos contaminados y efecto de las medidas correctoras
- Grupo de Trabajo 3 – Aplicación de los modelos de evaluación del impacto radiológico debidos a NORM y a emplazamientos heredados contaminados radiológicamente para apoyar la gestión de la rehabilitación.

• Incertidumbres y Variabilidad

- Grupo de Trabajo 4 – Análisis de datos radioecológicos en las publicaciones de Colecciones de Informes Técnicos del OIEA para la identificación de radionucleidos clave y los valores de los parámetros asociados para la evaluación de la exposición a los seres humanos y la biota.
- Grupo de Trabajo 5 – Análisis de incertidumbres y variabilidades para la evaluación del impacto radiológico debido a las descargas rutinarias de radionucleidos.
- Grupo de Trabajo 6 – Marco conjunto para hacer frente a los cambios medioambientales en las evaluaciones de seguridad a largo plazo de las instalaciones de gestión de residuos radiactivos.

- Grupo de Trabajo 7 – Armonización e intercomparación de modelos para vertidos de tritio accidentales.

• Exposiciones y Efectos a la Biota

- Grupo de Trabajo 8 - Modelización en la Biota: desarrollos futuros de modelos de transferencia y exposición y aplicación a escenarios.
- Grupo de Trabajo 9 - Modelos para la evaluación de los efectos debidos a la radiación sobre las poblaciones de especies de la biota.

• Modelos Marinos

- Grupo de Trabajo 10 – Modelización de la dispersión marina y la transferencia de radionucleidos vertidos de forma accidental desde instalaciones situadas en tierra.

Durante la semana se avanzó en los trabajos definidos en todos los grupos de trabajo, ofreciendo los avances de cada grupo de trabajo en dos de las tres sesiones plenarias que se celebraron. Además se ha comenzado ya con la elaboración de los informes técnicos que serán publicados al final del proyecto en la web del OIEA (www.iaea.org).

Comité de redacción

La Alianza Europea de Radioecología

En el año 2009 se crea la Alianza Europea de Radioecología, con la firme convicción de las ocho organizaciones europeas fundadoras, de que sólo aunando esfuerzos se podrían mejorar las capacidades de la radioecología en Europa. El objetivo principal de la Alianza de Radioecología es fortalecer de manera progresiva la coordinación e integración de la investigación en radioecología a nivel nacional, europeo e internacional. La integración de la comunidad de radioecología en Europa será un aspecto clave de cara al próximo programa marco de Euratom, *Horizonte 2020*.

En 2012, la Alianza de Radioecología se constituye oficialmente como asociación y en junio de 2013 aumentan de ocho a 14 sus miembros, estando representados un total de 10 países: Alemania, Bélgica, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Kazajstán, Noruega, Reino Unido y Suecia. Recientemente una organización de Polonia ha enviado la solicitud para convertirse en miembro de la Alianza.

En el marco de la Alianza, se crea en 2011 la Red de Excelencia en Radioecología STAR (*Estrategia for Allied Radioecology*), que cuenta con el apoyo financiero del 7º Programa Marco de la Unión Europea. Más recientemente, en junio de 2013, comienza el proyecto COMET (*COOrdination and iMplementation of a pan-European instrument for Radioecology*), también financiado por la Comisión Europea, y que tiene el objetivo general de reforzar la iniciativa paneuropea de investigación sobre el impacto de la radiación en el hombre y el medio ambiente, facilitando la integración de la investigación y las actividades de desarrollo en radioecología.

La Alianza de Radioecología, en estrecha colaboración con STAR en la primera fase y más recientemente con Comet, ha desarrollado la primera Agenda Estratégica de Investigación (SRA, de sus siglas en inglés *Strategic Research Agenda*) en Radioecología. La SRA identifica tres retos principales: (1) Predecir la exposición de humanos y biota de una manera

más robusta mediante la cuantificación de aquellos procesos clave que más influyen en las transferencias de radionucleidos; (2) determinar las consecuencias ecológicas en condiciones de exposición realistas; y (3) mejorar la protección del hombre y del medioambiente mediante la integración de la radioecología. Relacionados con estos tres retos, se han identificado 15 líneas de investigación. Tras llevar a cabo una consulta pública, tanto en la comunidad científica como entre reguladores, industria, y otros grupos interesados, y teniendo en cuenta los comentarios y sugerencias recibidas, se ha elaborado una segunda versión de la SRA en radioecología. Toda la información sobre este proceso así como las distintas versiones de la SRA están disponibles en la página de STAR: www.star-radioecology.org.

Recientemente, en el marco del proyecto COMET, se ha elaborado una primera propuesta de *Plan de implementación de la SRA* para los próximos cinco años, en el que se describen cuales son las líneas de investigación en radioecología prioritarias.

La Alianza de radioecología es una asociación abierta que da la bienvenida a todos aquellos grupos que trabajan en temas relacionados con la radioecología en todo el mundo, cuyo objetivo es mantener y mejorar las capacidades de esta disciplina científica. Toda la información para unirse a la Alianza está disponible en su web :www.er-alliance.org

La Alianza mantiene una estrecha colaboración con otras plataformas europeas relacionadas con la protección radiológica. Ejemplo de ello es el *Memorando de entendimiento* firmado el 5 de diciembre de 2013 con las plataformas Melodi (dosis bajas), Neris (emergencias y post-emergencias) y Eurados (dosimetría). Además, recientemente la Alianza también ha firmado un memorando de entendimiento con la Unión Internacional de Radioecología (IUR).

La próxima Asamblea General de la Alianza se celebrará en abril de 2014 en el Ciemat, Madrid.

Almudena Real - CIEMAT
Secretaria de la Alianza

Reunión anual de los cinco comités de la Comisión Internacional de Protección Radiológica

Como viene sucediendo cada dos años, en 2013 se celebró la reunión conjunta de los cinco comités y de la Comisión Principal de la ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica). Dicha reunión, celebrada en Abu Dhabi (Emiratos Árabes Unidos) del 21 al 27 de octubre de 2013, coincidió con la celebración del Segundo Simposio Internacional sobre el Sistema de Protección Radiológica, también organizado por la ICRP y del que se informa en este número de *RADIOPROTECCIÓN*.

Durante la reunión hubo sesiones conjuntas en las que los presidentes de los cinco comités informaron sobre las actividades realizadas en los dos últimos años, así como sesiones específicas de los distintos comités. A continuación se presenta un resumen de los principales temas tratados en los comités en los que hay representación española.

Se recuerda que en 2013 la ICRP renovó los miembros de sus cinco comités, así como de la Comisión Principal para el

periodo 2013-2017, por lo que la reunión de Abu Dhabi era la primera para los nuevos miembros.

En la reunión del Comité 3, cuyo presidente es Eliseo Vañó, se informó que la comisión principal había aprobado el borrador del informe *Protección radiológica en Radioterapia con haces de iones* para que se realice la consulta pública a través de la página web de la ICRP. Se aprobó el borrador del informe sobre *Protección radiológica en tomografía computarizada de haz cónico* que será enviado próximamente a la Comisión Principal para que pueda pasar a la fase de consulta pública. El comité decidió no proseguir con el trabajo sobre *Recomendaciones prácticas de protección radiológica para mitigar los riesgos de cáncer secundario en las técnicas modernas de oncología radioterápica*, pero animó a los miembros que habían trabajado en este tema a publicar parte del material producido en formato de artículo en una revista científica y a producir material de formación para la página web de la ICRP.

Los temas en los que actualmente está trabajando el Comité 3 son: (I) protección radiológica ocupacional en braquiterapia; (II) dosis a pacientes derivadas del uso de radiofármacos; (III) sistema para la justificación de los usos médicos de la radiación ionizante; (IV) protección ocupacional en procedimientos intervencionistas (guiados por fluoroscopia); (V) niveles de referencia de dosis para diagnóstico y para procedimientos intervencionista; (VI) protección radiológica en terapia con radiofármacos; (VII) dosis efectiva (como parte de un grupo de trabajo de la Comisión Principal).

Otros temas en los que el Comité 3 comenzará a trabajar, o realizará un seguimiento, son: (I) radiosensibilidad individual a la radiación ionizante; (II) actualización de la publicación *La radiación y tu paciente – una guía para médicos*; (III) sistema para evaluar la optimización en pacientes individuales; (IV) magnitudes y unidades de dosis para equipos de imagen; (V) dosis en cristalino de los pacientes en tomografía computarizada TC en vista de los nuevos umbrales de dosis para las opacidades radioinducidas; (VI) respuesta a temas de interés público en protección radiológica en medicina.

En la reunión del Comité 4, del que es miembro Eduardo Gallego, además de los miembros del Comité participaron como observadores representantes de diferentes organizaciones internacionales como el OIEA, la NEA y la IRPA. Se produjo un relevo en la presidencia del Comité, que deja Jacques Lochard –nuevo vicepresidente de la Comisión Principal– en manos de Donald Cool.

En la reunión se debatieron distintas cuestiones candentes que plantean desafíos para el sistema de PR en la actualidad, entre ellos: la necesidad de la participación de los interesados; el tipo de situación de exposición frente a fuentes naturales; la transición entre situación de exposición de emergencia y exposición existente; el papel de los límites de dosis y de las restricciones a las dosis individuales; la influencia de la percepción de riesgo, que puede estar ausente (por desconocimiento) o equivocada; la confusión en la interpretación de los valores numéricos de las bandas de dosis; las diversas formas de involucrar a las partes interesadas; la atribución del riesgo; el uso prospectivo frente al retrospectivo de conceptos tales como la dosis efectiva.

Tras la reunión ha quedado claro el plan de trabajo del Comité para el periodo 2013-2017, en torno a las siguientes líneas:

- Continuar y finalizar el trabajo de tres grupos ya existentes: (I) TG 76 sobre "Protección radiológica frente a exposiciones incrementadas por causa de procesos industriales que utilizan NORM"; (II) TG 81 sobre "Protección radiológica frente a la exposición a radón" y (III) TG 83 sobre "Protección radiológica frente a la radiación cósmica en aviación".
- La Comisión Principal ha aprobado la creación de dos nuevos grupos de trabajo dentro del Comité 4: (I) TG 93 sobre "Actualización de las publicaciones 109 y 111", referidas a las situaciones de emergencia y a las situaciones de exposiciones existentes post-accidente; estas actualizaciones tendrán en consideración la experiencia de Fukushima y los recientes desarrollos internacionales sobre el tema; (II) TG 94 sobre "Ética de la protección radiológica", con el objetivo de dar a conocer los valores éticos y sociales que estructuran la protección radiológica en diferentes situaciones de exposición.

El Comité 4 también decidió organizar equipos de trabajo referidos a la protección radiológica en almacenamientos de residuos radiactivos en superficie o cerca de la superficie; protección radiológica en sitios contaminados y tolerabilidad del riesgo. De cada uno de estos temas u otros se espera crear próximamente grupos de trabajo que elaboren posibles publicaciones de interés para los usuarios finales.

Los miembros del Comité 4 participan también en grupos de trabajo de la Comisión Principal y de otros comités, como el TG 92 sobre terminología y definiciones (Comisión Principal); TG 79 sobre dosis efectiva (Comité 2); TG 91 sobre el factor de efectividad de dosis y tasa de dosis DDREF (Comité 1) y los grupos del Comité 3 que trabajan en la exposición ocupacional en braquiterapia y en radiología intervencionista.

En la reunión del Comité 5, del que es secretaria Almudena Real, se discutió y elaboró el plan de trabajo para el periodo 2013-2017. Dicho trabajo se centrará en dos cuestiones principales:

- (1) Recopilar y analizar la nueva información disponible tras la publicación 108 de la ICRP (2008) sobre los animales y plantas de referencia (RAP, del inglés *Reference Animals and Plants*). El objetivo final es recomendar valores de referencia para cada uno de los 12 RAP, los cuales puedan utilizarse en la aplicación del sistema de protección radiológica del medio ambiente. En una primera fase se analizará la nueva información disponible para los 12 RAP sobre efectos biológicos, factores de transferencia y dosimetría. Posteriormente, se elaborarán monografías de los diferentes RAP (o grupos de RAP) que incluyan información sobre: ciclo vital y biología, dosimetría, dosis de radiación de fondo, factores de transferencia y efectos biológicos.
- (2) Aplicación del sistema de ICRP para la protección radiológica del medio ambiente. Se realizará un primer análisis de "dónde" y "quién" necesita aplicar el sistema de protección radiológica del medioambiente, considerando las tres situaciones de exposición definidas por la ICRP: planificadas, existentes y de emergencia. El disponer de

esta información permitirá al Comité 5, en colaboración con el Comité 4, identificar la falta de datos (*gaps*) que dificulta la aplicación del sistema de la ICRP. Se seleccionarán ejemplos para situaciones de exposición planificada, existente y de emergencia con objeto de realizar ejercicios prácticos sobre la aplicación de la aproximación de los RAP. Para 2017, está previsto que el Comité 5 proporcione recomendaciones de cómo llevar a cabo evaluaciones de riesgo, las cuales podrán ser utilizadas por el OIEA en sus guías o documentos técnicos sobre protección radiológica del medioambiente.

El Comité 5 tiene previsto finalizar dos publicaciones en 2014: *Eficacia biológica relativa y RAP* (TG72) y *Dosimetría más realista para los RAP* (TG74). El Comité también está trabajando para consolidar una lista de necesidades de investigación en el campo de la protección radiológica del medio ambiente, que se hará pública, una vez terminada, a través de la página web de ICRP. Por último, resaltar que los miembros del Comité 5 también participarán en grupos de trabajo de otros comités, como en el TG91 sobre inferencia del riesgo de la radiación en exposiciones a dosis y tasas de dosis bajas con fines de protección radiológica y en el TG92 sobre terminología y definiciones.

Almudena Real (Secretaria del Comité 5)
Eliseo Vaño (Presidente del Comité 3)
Eduardo Gallego (Miembro del Comité 4)

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

Tras el éxito del 1^{er} Simposio organizado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en 2011 en Washington DC (EE UU), la Comisión decidió organizar su 2^o Simposio Internacional sobre el Sistema de Protección Radiológica en Abu Dhabi (Emiratos Árabes Unidos), del 22 al 24 de octubre del 2013. En esta ocasión, la Autoridad Federal de los Emiratos Árabes Unidos para la Regulación Nuclear colaboró activamente en la organización del Simposio. El Simposio coincidió con las reuniones anuales de los cinco comités y de la Comisión



El Profesor Eliseo Vaño, en una de sus intervenciones como copresidente de la sesión ¿Qué necesita de la ICRP la medicina?.



La Dra. Almudena Real durante una de sus intervenciones como copresidenta de la sesión "El enfoque de la ICRP para la protección radiológica del medio ambiente: problemas y aplicación". A la derecha de la imagen D. Diego Tellería (OIEA) ponente invitado de la sesión.

Principal de ICRP, de la que se informa en este número de RADIOPROTECCIÓN.

El 2º Simposio atrajo a cerca de 300 participantes procedentes de 37 países: Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Austria, Baréin, Bielorrusia, Bélgica, Canadá, China, Chipre, Corea, EE.UU., Emiratos Árabes Unidos, Eslovenia, España, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, India, Irlanda, Italia, Japón, Kuwait, Luxemburgo, Noruega, Omán, Portugal, Qatar, Reino Unido, República Checa, Singapur, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Taiwán y Ucrania. Hubo participantes procedentes de los seis estados del Consejo de Cooperación del Golfo, los cuales representaron alrededor del 40 % de los asistentes, lo cual supone un éxito con respecto al objetivo de contribuir a una mejor difusión del sistema de protección radiológica y las actividades de la ICRP en la región. Por parte española, además de los miembros de los comités de ICRP asistió una representación del Consejo de Seguridad Nuclear, encabezada por su vicepresidenta, Rosario Velasco.

Durante el Simposio, además de una sesión en la que se presentó una visión general de la labor que lleva a cabo la ICRP, se celebraron cinco sesiones sobre temas actuales de máxima actualidad en protección radiológica:

(I) Reacciones de los tejidos: El camino desde la ciencia a la protección.

Esta sesión comenzó con una ponencia sobre conceptos básicos de las reacciones tisulares producidas por la radiación ionizante, en particular, sobre las cataratas y las enfermedades circulatorias radioinducidas. En otras presentaciones de esta sesión se trataron cuestiones relacionadas con la dosimetría, la aplicación internacional de los nuevos límites de dosis y las implicaciones en la imagen médica.

(II) Avances en la preparación y respuesta para la recuperación tras Fukushima.

Lo más destacado de esta sesión fue la presentación de las experiencias vividas desde la perspectiva del gobierno japonés y desde una perspectiva no gubernamental, incluyendo la participación de "grupos interesados" locales y el progreso en los esfuerzos para descontaminar las zonas afectadas de Fukus-

hima. Hubo asimismo presentaciones que trataron el progreso realizado fuera de Japón en cuanto a la planificación de la recuperación tras un accidente grave.

(III) Problemática de los NORM en el mundo real

La sesión comenzó con dos ponencias, una sobre el sistema de protección radiológica de la ICRP en situaciones de exposición existentes y otra en la que se resumieron los esfuerzos actuales realizados por la ICRP en protección radiológica para los materiales radiactivos de origen natural (NORM). La sesión también contó con una presentación realizada por la Autoridad Federal de Regulación Nuclear, en la que se describieron los desarrollos normativos actuales en los Emiratos Árabes Unidos, y una ponencia realizada por la Abu Dhabi National Oil Company, en la que se discutieron temas locales relacionados con la gestión de residuos NORM de la industria petrolífera.

(IV) ¿Qué se necesita de la ICRP en medicina?

Esta sesión se inició con una ponencia sobre la visión de la ICRP sobre el uso de la dosis efectiva en medicina, seguida de una presentación en la que se hizo una revisión de los esfuerzos realizados en el pasado cercano y en la actualidad por la ICRP en cuanto a la protección radiológica en tomografía computarizada (TC). Se discutieron de forma crítica los recientes estudios epidemiológicos sobre TC en pediatría. Se presentó la evolución de los esfuerzos de protección radiológica en medicina en los Emiratos Árabes Unidos y Arabia Saudita, así como los puntos de vista internacionales de la Organización Mundial de la Salud.

(V) El enfoque de la ICRP para la protección radiológica del medioambiente: problemas y aplicación.

Esta sesión comenzó con una presentación sobre el enfoque de la ICRP para la protección del medioambiente, el sistema desarrollado para ello y su aplicación. La segunda ponencia presentó un análisis de la información existente sobre las relaciones entre las exposiciones ambientales y las consecuencias para la vida silvestre, proponiendo nuevos métodos para mejorar la dosimetría de los animales y las plantas de referencia. Tres presentaciones se centraron en el medio ambiente marino, incluyendo la aplicación del sistema de la ICRP, la biodiversidad marina en Abu Dhabi, y la modelización de las exposiciones marinas y los efectos resultantes tras el accidente de la central nuclear de Fukushima.

Todas las presentaciones realizadas en el Simposio están disponibles en la página web de la ICRP (www.icrp.org). Asimismo, está previsto realizar una publicación sobre este 2º Simposio Internacional en los Anales de la ICRP, publicación que ha contado con el apoyo del Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear

Dada la gran acogida de los dos simposios internacionales organizados por la ICRP, la Comisión ya ha comenzado a planificar el 3º Simposio Internacional de Protección Radiológica, que se celebrará Seúl (Corea) del 20 al 22 de octubre 2015, coincidiendo con las próximas reuniones conjuntas bianuales de la Comisión Principal y los cinco comités de ICRP.

Almudena Real (Secretaría del Comité 5)
Eliseo Vañó (Presidente del Comité 3)
Eduardo Gallego (Miembro del Comité 4)

Desarrollo de metodologías para la estimación de las dosis al cristalino. Implicaciones operacionales de la aplicación del nuevo límite de dosis

El Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos de Madrid a través de la Fundación de Investigación Biomédica del Hospital Clínico San Carlos de Madrid (FIB HCSC) están llevando a cabo un análisis de los nuevos retos que plantea la reciente recomendación de ICRP de reducir el límite de dosis equivalente en cristalino para los trabajadores (informe ICRP 118 de 2012), en el marco de un proyecto de investigación coordinado entre ambas instituciones, subvencionado por el Consejo de Seguridad Nuclear (Resolución de 11 de julio de 2012, del CSN).

En este proyecto se contemplan las siguientes actividades principales:

- Estudio de las metodologías utilizadas actualmente por los países de nuestro entorno para la estimación de la dosis en cristalino.
- Identificación de los colectivos del ámbito sanitario que pueden verse afectados por el nuevo límite de dosis al cristalino (radiología y cardiología intervencionista, fundamentalmente, pero también medicina nuclear).
- Puesta a punto de un procedimiento de calibración de dosímetros de cristalino.
- Determinación mediante simulación Monte Carlo de la influencia de distintas variables de interés y de la efectividad de los sistemas de protección habituales para la reducción de dosis en cristalino.
- Comparación de diversas técnicas dosimétricas para la medida de la dosis en cristalino.
- Determinación mediante campañas de medida experimentales (en radiología y cardiología intervencionistas y en instalaciones de PET-CT), de las posibles correlaciones entre la dosis en cristalino y otros parámetros dosimétricos y operacionales.
- Propuesta de factores que permitan estimar los rangos de dosis en cristalino a partir de los valores de dosis a los pacientes u otros parámetros de interés.

Si bien a lo largo de la ejecución del proyecto se están elaborando distintos trabajos presentados en congresos científicos nacionales e internacionales y publicaciones, las conclusiones finales del proyecto estarán disponibles a lo largo de 2015.

M^a Luisa Tormo, CSN

COMET un proyecto europeo de I+D en radioecología

El 1 de junio de 2006 comenzó el proyecto europeo COMET (*COOrdination and iMplementation of a pan-European instrument for radioecology*), financiado dentro del 7º Programa Marco de Euratom de la UE. La duración del proyecto será de cuatro años.

El proyecto cuenta con 12 instituciones pertenecientes a 10 países europeos (Alemania, Bélgica, España, Finlandia, Francia,

- Noruega, Polonia, Reino Unido, Suecia, Ucrania) y una institución de Japón. Resaltar que en el consorcio Comet participan instituciones de países en donde se han producido importantes accidentes nucleares (Ucrania y Japón).

El principal objetivo de Comet es fortalecer la iniciativa paneuropea de investigación sobre el impacto de la radiación en el hombre y el medio ambiente, facilitando la integración de la investigación en radioecología. Comet se basará en el trabajo realizado por la Alianza Europea de Radioecología (Alianza) y por la Red de Excelencia en Radioecología, STAR.

El proyecto Comet, coordinado por el SCK-CEN de Bélgica, está estructurado en cinco grupos de trabajo, estando uno de ellos centrado en la gestión del proyecto. El grupo de trabajo *Programación conjunta e implementación-Ampliando la Alianza*, está centrado en tareas de coordinación, no sólo dentro de Comet, sino también con otros proyectos europeos de protección radiológica como *Operra*. Dos grupos de trabajo están centrados en investigación sobre: *Mejora y validación de los modelos radioecológicos* y *Retos compartidos con los efectos de exposiciones crónicas a dosis bajas y la evaluación de riesgos*. Por último hay un grupo de trabajo sobre *Intercambio de conocimientos*, en donde se incluyen todas las actividades de difusión de resultados y conocimientos de Comet.

El proyecto Comet, mediante la colaboración con las plataformas europeas de respuesta nuclear y radiológica de emergencia (Neris) y de investigación de los riesgos de dosis bajas (Melodi), pretende participar de manera significativa en la construcción de una estructura integrada de las distintas disciplinas implicadas en protección radiológica, de cara al programa *Horizonte 2020*.

Uno de los objetivos del proyecto es fortalecer la colaboración con la comunidad científica no directamente relacionada con aspectos relativos a la radiación ionizante. Además, Comet desarrollará fuertes mecanismos para el intercambio de conocimiento, la difusión y la capacitación para mejorar y mantener en Europa las competencias y capacidades en radioecología.

Uno de los primeros resultados del proyecto Comet, ha sido la elaboración de una convocatoria abierta para financiar proyectos de investigación en radioecología, la cual fue publicada el 16 de diciembre de 2013. Mediante esta convocatoria se incorporarán al proyecto nuevos miembros, con capacidades complementarias a las ya existente en Comet, con el objetivo último de avanzar en la implementación de la Agenda Estratégica de Investigación en Radioecología desarrollada inicialmente en el proyecto STAR en colaboración con la Alianza Europea de Radioecología.

A pesar de que el proyecto comenzó a principios de junio de 2013, ya se han producido dos informes, en los que se describen las actividades iniciales de investigación a realizar en el proyecto, sobre temas de común interés con Neris (situaciones de emergencia y post-emergencia) y Melodi (efectos de dosis bajas de radiación). Por último, destacar que una de las primeras acciones llevadas a cabo por Comet ha sido la de elaborar un primer documento sobre el plan de implementación de la agenda estratégica de investigación elaborada por el proyecto STAR y la Alianza Europea de Radioecología. En dicho plan, se definen las líneas de investigación prioritarias en las que trabajar en los próximos cinco años, para llegar a alcanzar los objetivos a largo plazo descritos en la agenda estratégica de investigación en radioecología.

Almudena Real. Responsable de Comet en el Ciemat

Aspectos dosimétricos de los tratamientos del dolor óseo metastásico con radiofármacos

T. García, J.F. Martí, C. Olivas, J.L. Vercher, R. Repetto, P. Bello

Servicio de Medicina Nuclear. Área Clínica de Imagen Médica. Hospital Universitari i Politècnic "LA FE"

RESUMEN

En el contexto del tratamiento del dolor óseo metastásico mediante radiofármacos con afinidad ósea, este trabajo expone el resultado de un análisis de las moléculas disponibles (aprobadas para uso clínico o en fase de estudio) para obtener una comparación de sus características dosimétricas. Los valores obtenidos podrían usarse para complementar sus ya conocidas diferencias en eficacia, aparición y duración del efecto paliativo, posible efecto tumoricida, mielotoxicidad, precio y disponibilidad. Se han analizado siete radiofármacos, cinco de ellos constituidos por radionúclidos emisores beta: ^{32}P , ^{89}Sr , ^{153}Sm , ^{186}Re y ^{188}Re y los dos restantes basados en radionúclidos emisores de radiaciones de alta Transferencia Lineal de Energía: $^{117\text{m}}\text{Sn}$ y ^{223}Ra , habiendo obtenido estimaciones de los principales parámetros dosimétricos para cada radiofármaco analizado. Los valores obtenidos pueden incluirse en el análisis riesgo/beneficio que debe realizarse ante la disyuntiva de elegir el radiofármaco más adecuado a las características de un paciente individual. Con ello, se espera que los resultados obtenidos puedan ser de utilidad a los especialistas en Medicina Nuclear interesados en el tratamiento de las patologías óseas de origen oncológico.

ABSTRACT

Within the context of treatments of metastatic bone pain with bone seeking radiopharmaceuticals, this paper expounds the results of an analysis of available molecules (both approved for clinical use or still under study) intended to obtain a detailed comparison of their dosimetric characteristics. These values can be used to supplement the list of already know differences between them, such as efficacy, appearance and length of the palliative effect, eventual tumoricidal effect, myelotoxicity, sale price and availability. Seven radiopharmaceuticals have been analysed, five of them are based on beta emission radionuclides: ^{32}P , ^{89}Sr , ^{153}Sm , ^{186}Re and ^{188}Re and the other two ones are based on high Linear Energy Transference emission radionuclides: $^{117\text{m}}\text{Sn}$ and ^{223}Ra . a series of estimates of the main dosimetric parameters for each radiopharmaceutical analysed have been obtained. The values obtained might be worth being incorporated to the risk/benefit analysis that precedes every choice of the specific radiopharmaceutical to be used with an individual patient. In this way, we hope these results will be of some help for those Nuclear Medicine specialists interested in the treatment of oncological bone pathologies.

INTRODUCCIÓN

Las metástasis óseas son una complicación frecuente en los pacientes oncológicos. Entre el 60% y el 80% de los pacientes con tumoraciones malignas sólidas presentarán metástasis óseas, especialmente en el caso de tumores de mama, próstata, pulmón, riñón y tiroides. Aunque con cierta frecuencia, las metástasis óseas son clínicamente silentes, lo más habitual es que acaben produciendo serias secuelas tales como dolor óseo, fracturas o hipercalcemia. En consecuencia, es muy probable que terminen significando una importante merma de la calidad de vida del paciente [1,2].

El tratamiento del dolor óseo metastásico tiene un carácter multidisciplinar, incluyendo diferentes opciones terapéuticas, que pueden ser utilizadas de forma aislada, combinada o

secuencial. Comprende fármacos analgésicos, quimioterapia, hormonoterapia, esteroides, bifosfonatos, cirugía, radioterapia externa y tratamientos con radiofármacos con afinidad ósea. En general, este último tipo de tratamiento está indicado en el caso de múltiples metástasis óseas dolorosas, con carácter predominantemente osteoblástico [3].

Las ventajas de los tratamientos con radiofármacos con afinidad ósea, se basan en su simplicidad, efectividad y capacidad de conseguir la paliación del dolor óseo durante un periodo de varios meses. Los únicos efectos colaterales que pueden aparecer están relacionados con el sistema hematópoyético (trombocitopenia y leucopenia principalmente), pero no suelen ser severos y desaparecen, generalmente de forma espontánea, al cabo de unas semanas.

En los últimos años, está tomando fuerza la idea de adaptar la elección del radiofármaco a las características específicas del paciente. Por otra parte, también existe una tendencia a utilizar este tipo de terapia de manera cada vez más temprana en el proceso evolutivo de la enfermedad, abriendo la posibilidad de poder realizar mayor número de tratamientos al paciente. Finalmente, algunos autores plantean también la posibilidad de una utilización más ambiciosa de este tipo de terapias, intentando alcanzar una capacidad "curativa", más allá de su reconocida capacidad "paliativa".

Todas estas tendencias aconsejan tener en cuenta aspectos no contemplados hasta el momento como por ejemplo, sus posibles efectos deterministas acumulativos en órganos distintos al blanco o, quizás, la posible incidencia de estos tratamientos en la aparición de futuros efectos estocásticos en unos pacientes cada vez con mayores expectativas de vida. Por todo ello, hemos considerado apropiado realizar un análisis comparativo entre los principales radiofármacos disponibles (aprobados para uso clínico y en fase de investigación), con la finalidad de valorar sus características dosimétricas y poder tenerlas en consideración, junto a las ya conocidas diferencias en eficacia, aparición y duración del efecto paliativo, posible efecto tumoricida, mielotoxicidad, precio, disponibilidad, etc.

Este trabajo se ha centrado en el análisis de siete radiofármacos con afinidad ósea. La mayor parte de ellos están constituidos por radionúclidos emisores beta, con emisión de electrones altamente energéticos que depositan su energía en los primeros milímetros que rodean a los tejidos en donde se han fijado (^{32}P , ^{89}Sr , ^{153}Sm , ^{186}Re y ^{188}Re). Hemos incluido también los datos correspondientes a dos radionúclidos emisores de radiaciones de alta Transferencia Lineal de Energía (TLE). Se trata del $^{117\text{m}}\text{Sn}$, que emite electrones de conversión interna de baja energía, y del ^{223}Ra , emisor alfa [4,5].

En el momento actual, en España están aprobados tres radiofármacos para el tipo de tratamientos que estamos analizando: ^{89}Sr -cloruro con nombre comercial Metastron®, aprobado para el dolor ocasionado por metástasis óseas de cáncer de próstata, el ^{153}Sm -EDTMP bajo el nombre de Quadramet®, aprobado para el dolor óseo en pacientes con metástasis osteoblásticas por cualquier tipo de neoplasia y el ^{223}Ra -dicloruro, con nombre comercial Xofigo®, para el tratamiento de metástasis óseas secundarias al cáncer de próstata. El ^{32}P -fosfato, que fue el primero en utilizarse en este tipo de tratamientos, ya está en desuso debido a su alta mielotoxicidad, aunque esta situación está en revisión, dada su fácil utilización en condiciones socio-sanitarias difíciles o

de bajo nivel tecnológico. El resto de los radiofármacos analizados no están aprobados para uso clínico, pero están implicados en ensayos clínicos actualmente en curso. En EE UU está registrado el radiofármaco $^{117\text{m}}\text{Sn}$ -DTPA bajo el nombre comercial de Stanamet®, pero todavía no está aprobado para uso clínico.

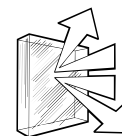
Es importante subrayar que en este estudio no se pretende establecer procedimientos para realizar la dosimetría clínica de pacientes concretos sometidos a este tipo de terapias con radiofármacos. Nuestro planteamiento es más sencillo y sólo pretende realizar una recopilación de los escasos datos dosimétricos existentes en la bibliografía y proceder con ellos a un análisis comparativo para tratar de concretar las diferencias observadas y publicadas por los diferentes autores. En resumen, hemos obtenido para cada uno de los radiofármacos estudiados, las mejores estimaciones posibles de los siguientes parámetros dosimétricos [7-10]:

- Características físicas del radionúclido.
- Molécula que actúa como vector.
- Dosis absorbidas normalizadas (mGy/MBq) en los órganos de interés.
- Actividad (MBq) recomendada o habitual del tratamiento.
- Dosis absorbida (mGy) en médula ósea, superficie ósea y metástasis (órgano blanco).
- Dosis Gy-Equivalente (Gy-Eq) en médula ósea y metástasis.
- Ganancia respecto a un radionúclido de referencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

La primera fase del trabajo ha consistido en una revisión bibliográfica de toda la literatura que se ha podido encontrar sobre este tipo de tratamientos. En esta fase inicial, se ha recopilado toda la información posible sobre las características físicas y farmacológicas de los radiofármacos.

En una segunda fase se han registrado las estimaciones encontradas de dosis absorbidas (mGy) y/o de dosis absorbidas normalizadas (mGy/MBq) para los diferentes órganos o, en algunos casos, de las relaciones entre ellas. Generalmente, en los artículos publicados por los diferentes grupos de trabajo, se pueden obtener valores promedio de las actividades, dosis absorbidas en metástasis (blanco) y dosis absorbidas en médula ósea (órgano limitante) que han utilizado. Para completar este conjunto de datos, especialmente en el caso de las dosis absorbidas en superficie ósea (hueso normal), se ha consultado la información disponible en las fichas técnicas de los correspondientes radiofármacos. Cuando se han encontrado diferentes valores para un parámetro dado, se ha obtenido un valor representativo, bien por medio de su promedio o bien por elección del valor



aparentemente más fiable. En todos los radiofármacos, se ha podido obtener finalmente un valor para la dosis absorbida normalizada (mGy/MBq) para los principales órganos de interés aunque, debido a la metodología empleada, sólo representan unas estimaciones promedio de los valores encontrados en la revisión bibliográfica.

En una tercera fase, se han calculado la dosis absorbida para cada tratamiento, utilizando en algunos casos la actividad correspondiente a un adulto de 70 Kg. de peso. Para el ^{223}Ra -dicloruro (Xofigo®) se usaron los datos de actividad administrada por tratamiento indicados por la ficha técnica. Estos datos coinciden con los utilizados en el ensayo clínico ALSYMPCA [5-6], en el que participó nuestro centro. Es muy importante tener en cuenta que para el radiofármaco ^{223}Ra -dicloruro, sólo se han calculado los valores correspondientes a una única administración del radiofármaco. Sin embargo, según su ficha técnica, el tratamiento completo está formado por seis administraciones iguales separadas por periodos de cuatro semanas [5-6].

Con estos datos, se han obtenido la dosis Gray-Equivalente (Gy-Eq) en médula ósea (órgano limitante) y en metástasis óseas (blanco), para cada uno de los radiofármacos (1). Este análisis se ha completado con el cálculo de un índice comparativo entre las magnitudes dosimétricas anteriores al que hemos denominado "Ganancia" (2). Finalmente, se ha elaborado un conjunto de tablas y figuras (gráficos) comparativas con los resultados obtenidos.

RESULTADOS

En la Tabla I se resumen las principales características físicas de los radionúclidos empleados en estos radiofármacos [11-23]. Tanto el ^{32}P como el ^{89}Sr son emisores beta puros con un semiperiodo largo. El ^{153}Sm , el ^{186}Re y el ^{188}Re son emisores beta y gamma, lo que facilita la obtención de imágenes y la dosimetría clínica. Además, tienen un semiperiodo más corto. Finalmente el $^{177\text{m}}\text{Sn}$ y el ^{223}Ra son emisores de electrones de conversión interna y de partículas alfa respectivamente. Estas emisiones son de alta TLE (Transferencia Lineal de Energía) y tienen un recorrido muy corto, llegando a ser ultracorto para el último de ellos. Los datos sobre alcance medio (mm) se refieren al comportamiento en tejido blando. La Figura 1 muestra un histograma de barras horizontales, en donde cada barra representa los valores correspondientes al alcance medio (mm) en tejido blando, para los radionúclidos asociados a los radiofármacos que se analizan en este trabajo.

En la Tabla II se muestran las dosis absorbidas normalizadas por actividad (mGy/MBq) para médula ósea, superficie

Núclido	Forma química	T _{1/2} (días)	Energía media (MeV)	Alcance medio (mm)	Emisión γ (KeV)
^{32}P	Fosfato	14,26	β 0,70	3,00	...
^{89}Sr	Cloruro	50,53	β 0,58	2,40	...
^{153}Sm	EDTMP	1,95	β 0,22	0,55	103 (29%)
^{186}Re	HEDP	3,78	β 0,35	1,05	137 (9%)
^{188}Re	HEDP	0,71	β 0,64	3,80	155 (15%)
$^{177\text{m}}\text{Sn}$	DTPA	13,6	CI 0,14	0,25	159 (86%)
^{223}Ra	Dicloruro	11,43	α 6,94	0,10	154 (6%)

Tabla I - Características físicas de los radiofármacos. Alcance en tejido blando.

Dosis absorbidas normalizadas (mGy/MBq)			
Núclido	Médula ósea	Superficie ósea	Metástasis
^{32}P	11,0	11,0	44,0
^{89}Sr	11,0	17,0	110,0
^{153}Sm	1,5	6,8	34,0
^{186}Re	1,3	1,4	27,3
^{188}Re	1,0	0,7	3,8
$^{177\text{m}}\text{Sn}$	3,0	17,6	88,0
^{223}Ra	77,5	761,0	2.325,0

Tabla II - Dosis absorbidas normalizadas por actividad.

Núclido	Actividad (MBq)	Dosis Absorbidas por tratamiento (mGy)		
		Médula Ósea	Superficie Ósea	Metástasis
^{32}P	450	4.950	4.950	19.800
^{89}Sr	150	1.650	2.550	16.500
^{153}Sm	2.590	3.989	17.612	88.060
^{186}Re	1.295	1.684	1.813	35.302
^{188}Re	1.500	930	1.065	5.745
$^{177\text{m}}\text{Sn}$	500	1.514	8.800	44.000
^{223}Ra	3,5	271	2.664	8.138

Tabla III - Actividad recomendada y dosis absorbida por tratamiento.

Núclido	Dosis Gray-Equivalente (Gy-Eq)		Razón Metástasis/Médula (entre Dosis Gray-Equivalentes)	
	M. ósea	Metástasis	Valor	Ganancia vs ^{32}P
^{32}P	4,95	19,80	4,0	1,0
^{89}Sr	1,65	16,50	10,0	2,5
^{153}Sm	3,99	88,06	22,1	5,5
^{186}Re	1,68	35,30	21,0	5,2
^{188}Re	1,00	5,75	6,2	1,5
$^{177\text{m}}\text{Sn}$	1,51	44,00	29,1	7,3
^{223}Ra	2,04	61,06	30,0	7,5

Tabla IV - Razón entre Dosis Gray-Equivalentes. Ganancia vs ^{32}P .

ósea y metástasis óseas [11-23]. La Figura 2 muestra un diagrama (X,Y) = (médula ósea, metástasis) en donde cada punto representa los valores correspondientes a la dosis absorbidas normalizada (mGy/MBq) para cada radionúclido.

En la Tabla III, junto a la actividad (MBq) recomendada por las guías para cada tratamiento, aparecen las estimaciones de las dosis absorbidas (mGy) en médula ósea, superficie ósea y metástasis óseas [11-23]. La Figura 3 muestra un diagrama (X,Y) = (médula ósea, metástasis) en donde cada punto representa los valores correspondientes a la dosis absorbida (mGy) por tratamiento, para cada radionúclido.

La Tabla IV muestra en primer lugar las dosis Gray-Equivalentes (mGy-Eq) para médula ósea y metástasis, obtenidas a partir de la expresión:

$$H = D * EBR \tag{1}$$

en donde H y D son respectivamente las dosis Gray-Equivalente y absorbida media del órgano en cuestión y EBR es la Eficacia Biológica Relativa para efectos deterministas. Para las radiaciones beta se mantiene el valor $EBR = 1,0$ [7]. Para las radiaciones alfa del ^{223}Ra -dicloruro, y en relación al riesgo de inducir efectos deterministas hematopoyéticos, se ha optado por elegir un valor de $EBR = 8,0$. Con ello, se trata de contemplar también el efecto acumulativo de su estirpe nuclear, en la que se emiten sucesivamente un total de cuatro partículas alfa y tres partículas beta, alcanzando finalmente el núclido estable ^{207}Pb en un tiempo relativamente corto [24-27].

También aparece en esta tabla, la razón entre las citadas dosis Gray-Equivalentes en metástasis (blanco) y médula ósea (órgano limitante).

En la última columna, se muestra la "Ganancia vs ^{32}P " de esta última razón, que se ha definido como:

$$\text{Ganancia (R)} = \frac{(D_{mi}(R) / D_{mo}(R))}{(D_{mi}(^{32}\text{P}) / D_{mo}(^{32}\text{P}))} \tag{2}$$

siendo $D_{mi}(R)$ y $D_{mi}(^{32}\text{P})$ las dosis Gray-Equivalentes en metástasis, debidas respectivamente al radionúclido R y al ^{32}P (que se toma como referencia) y, análogamente, $D_{mo}(R)$ y $D_{mo}(^{32}\text{P})$ son las dosis Gray-Equivalentes en médula ósea para los mismos radionúclidos. La Figura 4 muestra un diagrama (X,Y) = (médula ósea, metástasis) en donde cada punto representa los valores correspondientes a la dosis Gy-Equivalente (mGy-Eq) por tratamiento, para cada radionúclido.

Finalmente, la Figura 5 muestra un histograma de barras horizontales en donde cada barra representa el valor co-

respondiente a la "Ganancia vs ^{32}P " por tratamiento, para cada radionúclido R.

DISCUSIÓN

Tabla I (+ Figura 1): si el radionúclido es un emisor beta puro, las lesiones metastáticas recibirán la correspondiente radiación terapéutica, pero no podremos obtener imágenes de calidad diagnóstica de las mismas. Si el radionúclido es tanto emisor beta como gamma, con una energía gamma (KeV) apropiada, entonces podremos realizar tanto el tratamiento como la obtención de imágenes de la distribución del radiofármaco en el paciente.

El semiperiodo $T_{1/2}$ del radionúclido determina la tasa de dosis inicial y, por lo tanto, la actividad total que se debe administrar. Un valor intermedio para $T_{1/2}$ puede evitar una tasa de dosis inicial demasiado alta que podría dañar las células normales. Si el valor de $T_{1/2}$ es muy grande, posiblemente aparezcan problemas de contaminación y de protección radiológica. Finalmente, si $T_{1/2}$ es demasiado corto tendremos problemas de transporte y de vida útil del radiofármaco, así como un incremento de la complejidad para la administración total de la actividad prescrita.

Las emisiones beta tienen que tener una energía moderada. Si son de alta energía pueden incrementar la radiotoxicidad en la médula ósea. Por el contrario, si son de energía demasiado baja, no podrán penetrar suficientemente en el hueso y dañar a las células tumorales. Los valores de los alcances medios (mm) en tejido, determinan la probabilidad de que las partículas beta puedan alcanzar la médula ósea a partir de la captación del radiofármaco en la respectiva superficie o matriz ósea.

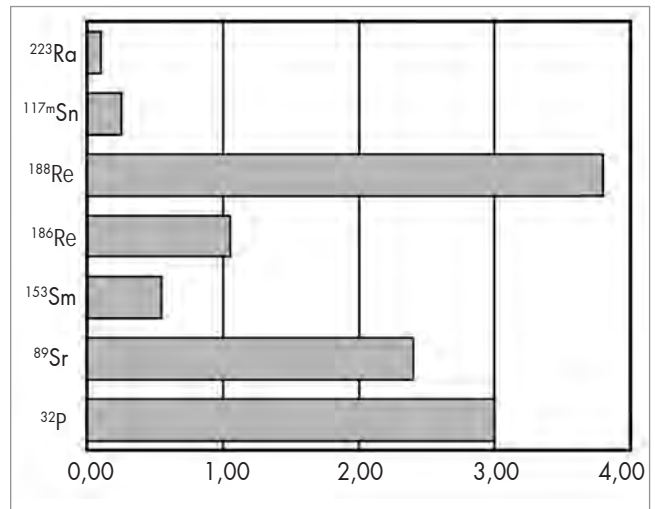


Figura 1. Alcance medio (mm) en tejido blando para cada radionúclido.

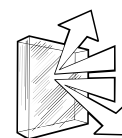


Tabla II (+ Figura 2): en esta tabla se reúnen los datos obtenidos sobre los valores de las dosis absorbidas normalizadas por actividad (mGy/MBq) de los principales órganos de interés (médula ósea, superficie ósea normal y metástasis óseas). Estos datos son valores promedio y, en la práctica médica, pueden variar mucho de un paciente a otro, especialmente en el caso de la dosis absorbida en las metástasis óseas, muy dependiente del grado de extensión de la enfermedad. Sobresalen especialmente los altos valores correspondientes al ^{223}Ra -dicloruro (alta TLE).

Tabla III (+ Figura 3): a partir de los valores de las actividades recomendadas (MBq), se calcula la dosis absorbida (mGy) para cada uno de los órganos de interés analizados. Destacan los altos valores alcanzados para el ^{153}Sm -EDTMP, sobre todo, en el caso de la dosis absorbida por las metástasis óseas. Es interesante también observar el fuerte impacto dosimétrico que produce el ^{32}P -fosfato en médula y superficie ósea, no compensado por la correspondiente dosis absorbida en metástasis (blanco). Este último resultado es coherente con los conocidos efectos mielotóxicos del citado radiofármaco que, debido a ellos, es poco utilizado en la actualidad.

Tabla IV (+ Figuras 4 y 5): esta tabla es interesante en la medida que muestra como la progresiva utilización de nuevos radiofármacos, a partir del ^{32}P -fosfato (el más antiguo de ellos), implica un claro aumento en los valores del cociente entre la dosis Gray-Equivalente en metástasis (blanco) y en médula ósea, causa directa esta última, de la significativa mielotoxicidad de este tipo de tratamientos.

La última columna muestra los valores correspondientes a la "Ganancia vs ^{32}P ". Parece evidente que la incorporación de los nuevos radiofármacos de alta TLE, $^{117\text{m}}\text{Sn}$ -DTPA y ^{223}Ra -dicloruro, debería implicar una disminución de la probabilidad de aparición de efectos somáticos hematopoyéticos, cuando se utilicen en el tratamiento paliativo del dolor óseo metastásico. En particular el recién aprobado ^{223}Ra -dicloruro alcanza un valor de 7,5 claramente superior al de los demás radiofármacos analizados.

El valor de la dosis Gray-Equivalente en médula ósea para una administración de ^{223}Ra -dicloruro (2,04 Gy-Eq) es del mismo orden de magnitud que para el resto de radiofármacos. Sin embargo no debemos olvidar que el tratamiento completo está diseñado como una secuencia de seis administraciones separadas por períodos de cuatro meses entre dos administraciones. Esta circunstancia quizás pueda ser abordada mediante el formalismo asociado a la Dosis Efectiva Biológica (DEB) que tiene en cuenta también

la influencia de la tasa de dosis en la respuesta biológica [24].

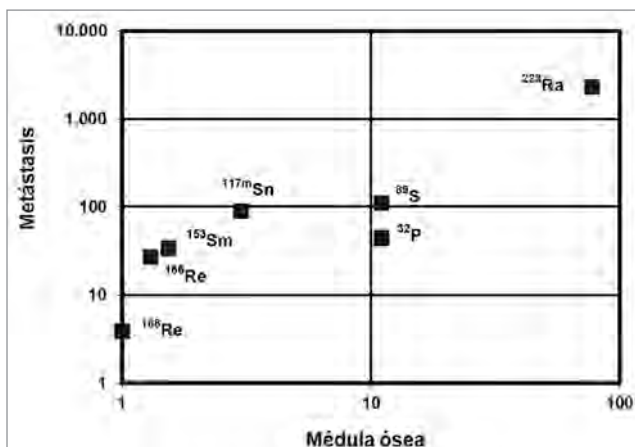


Figura 2. Dosis Absorbidas normalizadas para cada radionúclido (mGy/MBq). (escalas logarítmicas).

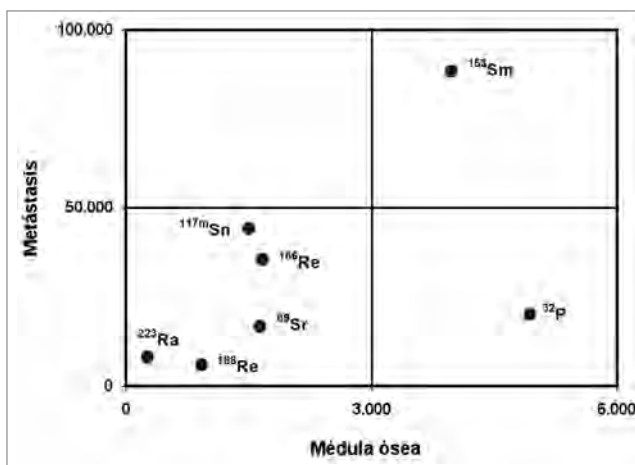


Figura 3. Dosis Absorbidas por tratamiento (mGy) para cada radionúclido.

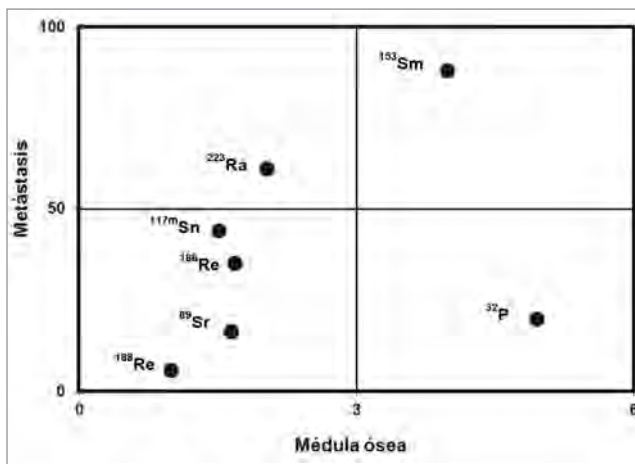


Figura 4. Dosis Gray-Equivalente (Gy-Eq) por tratamiento para cada radionúclido.

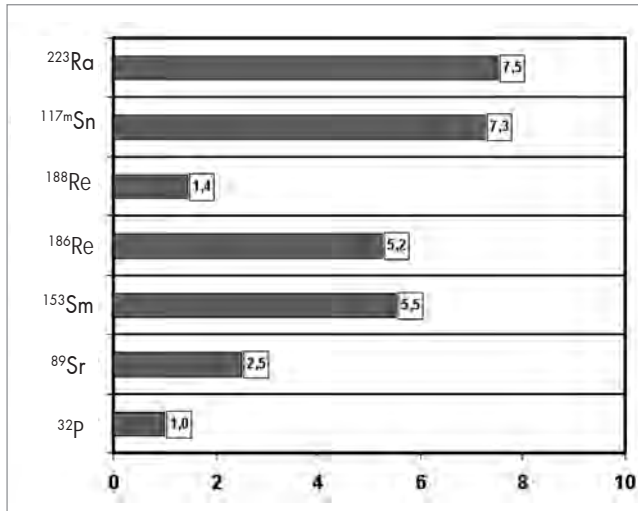


Figura 5. "Ganancia vs ³²P" para cada radionúclido.

CONCLUSIONES

En la bibliografía consultada, los resultados terapéuticos obtenidos por todos estos radiofármacos no difieren sustancialmente entre ellos, siendo los porcentajes de buenas respuestas muy similares. La eficacia del tratamiento se relaciona con el radiofármaco utilizado, la actividad administrada, el tipo de tumor, distribución, extensión y grado de captación de los focos metastásicos en el esqueleto. Se podría intentar incrementar la eficacia paliativa de estos tratamientos, mediante una mejor elección de las propiedades físicas de las emisiones del radionúclido [27-32].

En general, se obtiene una mejor respuesta en pacientes con mayor porcentaje de captación ósea y tratados en fases tempranas de su proceso patológico. También se están publicando resultados prometedores utilizando estos radiofármacos combinados con radioterapia o quimioterapia, con lo que parece que se consigue un mayor efecto sinérgico. Finalmente, el citado ensayo clínico ALSYMPCA ha sido el primero en demostrar claramente que la utilización del ²²³Ra-dicloruro produce, además de un claro efecto paliativo, una mejoría en la supervivencia de los pacientes [5]. Si este aspecto tumoricida se confirmara, se abriría la posibilidad de entrar en una perspectiva curativa, y no sólo paliativa, de la utilización de los radiofármacos con avidez ósea en el tratamiento de las metástasis óseas dolorosas.

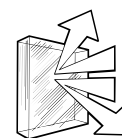
Sin embargo, el uso de radiofármacos para el tratamiento del dolor óseo de origen metastásico, con independencia de su eficacia paliativa, conlleva como efecto colateral no deseado, la irradiación de órganos distintos al considerado como blanco o diana (metástasis óseas). Esto es especial-

mente importante en el caso de la irradiación excesiva de la médula ósea, causa directa de la diferente mielotoxicidad asociada a este tipo de tratamientos. Se han analizado comparativamente las dosis absorbidas y Gray-Equivalentes en los órganos de interés, relacionadas con los posibles efectos somáticos hematopoyéticos, asociados a la utilización de los diferentes radiofármacos disponibles para este tipo de tratamientos.

Esperemos que un mejor conocimiento de las características dosimétricas de estos radiofármacos, ayude a combatir la infrutilización actual que este tipo de terapias presenta en la práctica clínica cotidiana. Para lograr una visión más global, junto a los radiofármacos que se utilizan actualmente (⁸⁹Sr-cloruro y ¹⁵³Sm-EDTMP), se han incluido otros que ya han sido abandonados (³²P-fosfato), que han sido recientemente aprobados para su uso en Europa (²²³Ra-dicloruro) o que, por el contrario, todavía están sometidos a estudios de investigación clínica (¹⁸⁶Re-HEDP, ¹⁸⁸Re-HEDP y ^{117m}Sn-DTPA).

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. F. Pons, D. Fuster y S. Vidal-Sicart. Tratamiento paliativo del dolor óseo metastásico. Rev. Esp. Med. Nuclear. 22(6):429-438;2003.
- [2]. Neeta Pandit-Taskar, Maria Batraki and Chaitanya R. Divgi. Radiopharmaceutical Therapy for Palliation of Bone Pain from Osseous Metastases. J Nucl Med. 45:1358-1365;2005.
- [3]. Howard Smith, Annu Navani and Scott M. Fishman. Radiopharmaceuticals for palliation of painful metastases. American Journal of Hospice & Palliative Medicine. 21-4:303-313;2004.
- [4]. Michael Tomblyn. The role of bone-seeking radionuclides in the palliative treatment of patients with painful osteoblastic skeletal metastases. Cancer Control. 19-2; 137-144;2012.
- [5]. C. Parker, S. Nilsson, D. Heinrich, S.I. Helle, J.M. O'Sullivan, S.D. Fossá, A. Chodacki, P. Wiechno, J. Logue, M. Seke, A. Widmark, D.C. Johannessen, P. Hoskin, D. Bottomley, N.D. James, A. Solberg, I. Syndikus, J. Kliment, S. Wedel, S. Boehmer, M. Dall'Oglio, L. Franzén, R. Coleman, N.J. Vogelzang, C.G. O'Bryan-Tear, K. Staudacher, J. Garcia-Vargas, M. Shan, Ø.S. Bruland, and O. Sartor. Alpha Emitter Radium-223 and Survival in Metastatic Prostate Cancer. N Engl Med 369:213-223;2013.
- [6]. Joelle El-Amm, Ashley Freeman, Nihar Patel and Jeanny B. Aragon-Ching. Bone-targeted therapies in metastatic castration-resistant prostate cancer: Evolving paradigms. Prostate cancer. Hindawi ID 210686:1-10;2013.
- [7]. ICRP Publication 53: Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Ann. ICRP. 18:1-4;1987.
- [8]. ICRP Publication 58: RBE for Deterministic Effects. Ann. ICRP. 20:4;1990.
- [9]. ICRP Publication 67: Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides, Part 2 Ingestion Dose Coefficients. Ann. ICRP. 22:3-4;1992.



- [10]. ICRP Publication 92: Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (wR). *Ann. ICRP.* 33:4;2003.
- [11]. Jan Tennvall, Boudewijn Brans and Michel Lassmann. EANM procedure guideline for ^{32}P phosphate treatment of myeloproliferative diseases. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 34: 1324-1328;2007.
- [12]. Edward B. Silberstein, John R. Buscombe, Alexander McEwan and Andrew T. Taylor Jr. SNM Procedure Guideline for Palliative Treatment of Painful Bone Metastases. *Manual March.* 147-154;2003.
- [13]. Shi-Ming Tu, Sue-Hwa Lin, Donald A. Podoloff and Christopher J. Logothetis. Multimodality Therapy: Bone-targeted Radioisotope Therapy of Prostate Cancer. *Clinical Advances in Hematology & Oncology.* 8;5:341-351;2010.
- [14]. QUADRAMET: Package insert: EMA-Europa (update 2012).
- [15]. Lisa Bodei, Marnix Lam, Carlo Chiesa, Glenn Flux, Boudewijn Brans, Arturo Chiti et al. EANM procedure guideline for treatment of refractory metastatic bone pain. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 35:1934-1940;2008.
- [16]. AWMF online: Dt. Ges. F. Nuklearmedizin. 11:1-8;2007.
- [17]. Marnix G. E. H. Lam, John M. H. de Klerk and Peter P. van Rijk. ^{186}Re -HEDP for metastatic bone pain in breast cancer patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 31(Suppl. 1):S162-S170;2004.
- [18]. Knut Liepe, Reiner Hliscs, Joachim Kropp, Roswitha Runge, F. Knapp and Wolf-Gunter Franke. Dosimetry of ^{186}Re -HEDP in human prostate cancer skeletal metastases. *J Nucl Med.* 44:953-960;2003.
- [19]. A P Cheng. Clinical and foundation research of ^{186}Re -HEDP in patients for palliation of bone pain from osseous metastases (Thesis). *Globe Thesis* 2009.
- [20]. Suresh C. Srivastava, Harold L. Atkins, Gerbail T. Krishnamurthy, Italo Zanzi, Edward B. Silberstein, George Meinken et al. Treatment of metastatic bone pain with Tin-117m Stannic DTPA: A Phase I/II clinical study. *Clinical Cancer Research.* 4:61-68;1998.
- [21]. Suresh C. Srivastava. Treatment of bone and joint pain with electron emitting radiopharmaceuticals. *IJNM.* 19(3):89-97;2004.
- [22]. H. L. Atkins, L. F. Mausner, C. J. Cabahug, G. E. Meinken, R. F. Straub, D. A. Weber et al. Tin-117m(4+)DTPA: A potential agent for pain palliation from osseous metastases. *Work-in-progress at the 38th Annual Meeting of the SNM.* *J Nucl Med.* 32;9:1840;1991.
- [23]. Michael Lassmann and Dietmar Nosske. Dosimetry of ^{223}Ra -chloride to normal organs and tissues. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 40-2:207-212;2013.
- [24]. Wesley E. Bolch, Keith F. Eckerman, George Sgouros and Stephen R. Thomas. MIRD Pamphlet No. 21: A generalized schema for radiopharmaceutical dosimetry. Standardization of nomenclature. *J Nucl Med.* 50:477-484;2009.
- [25]. George Sgouros, Roger W. Howell, Wesley E. Bolch and Darrell R. Fisher. MIRD Commentary: Proposed name for a dosimetry unit applicable to deterministic biological effects. *The Barendsen (Bd). J Nucl Med.* 50:485-487;2009.
- [26]. George Sgouros, John C. Roeske, Michael R. McDevitt, Stig Palm, Barry J. Allen, Darrell R. Fisher, A. Bertrand Brill, Hong Song, Roger W. Howell and Gamal Akabani. MIRD Pamphlet No. 22 (Abridged): Radiobiology and dosimetry of α -particle emitters for targeted radionuclide therapy. *J Nucl Med.* 51:311-328;2010.
- [27]. Oliver Sartor, Peter Hoskin and Øyvinn S. Bruland. Targeted radionuclide therapy of skeletal metastases. *Cancer Treat Rev.* 39-1:18-26;2013.
- [28]. Lionel G. Bouchet, Wesley E. Bolch, S. Murty Goddu, Roger W. Howell and Dandamudi V. Rao. Considerations in the selection of radiopharmaceuticals for palliation of bone pain from metastatic osseous lesions. *J Nucl Med.* 41:682-687;2000.
- [29]. B. Ponsard, S.C. Srivastava, L.F. Mausner, F.F. (Russ) Knapp, M.A. Garland and S. Mirzadeh. Production of Sn-117m in the BR2 high-flux reactor. *Appl. Radiat. Isotopes.* 67;7-8:1158-1161;2009.
- [30]. Michael J. Morris and Howard I. Scher. Clinical Approaches to Osseous Metastases in prostate Cancer. *The Oncologist.* 8:161-173;2003.
- [31]. Howard S. Smith and Intikhab Mohsin. Painful Boney Metastases. *Korean J Pain.* 26;3:223-241;2013.
- [32]. Karen A. Autio and Michael J. Morris. Targeting bone physiology for the treatment of metastatic prostate cancer. *Clinical Advances in Hematology & Oncology.* 11;3:134-143;2013.

Radón y radiación ambiental en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

I. Bandac¹, A. Bettini¹, S. Borjabad¹, R. Núñez-Lagos², C. Pérez², S. Rodríguez²,
P. Sánchez², J.A. Villar^{1, 2}

¹Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

²Laboratorio de Bajas Actividades (LABAC) Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza

RESUMEN

Se presentan los resultados de las medidas de la concentración de radón en aire y de la radiación ambiental efectuadas, durante más de un año, en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC). Para la medida de la concentración de radón y de los parámetros atmosféricos se ha utilizado un equipo Alphaguard P30 y para la radiación ambiental dosímetros termoluminiscentes (TLD) Panasonic UD-802A procesados en el equipo de Panasonic UD716. Se analizan las series de resultados junto con las posibles correlaciones entre ellos. Tanto el nivel de radón como la dosis equivalente ambiental $H^(10)$ son muy inferiores a los valores permitidos por lo que no existe ningún riesgo radiológico para las personas que trabajan en el LSC a la vez que se comprueba la excelente calidad radiológica ambiental del LSC.*

ABSTRACT

The results of more than one year of measurements of Radon and environmental radioactivity in the Canfranc Underground Laboratory (LSC) are presented. Radon and atmospheric parameters have been registered by an Alphaguard P30 equipment and the environmental radioactivity has been measured by means of UD-802A Panasonic thermoluminescent dosimeters (TLD) processed by an UD716 Panasonic unit. Series of results along with their possible correlations are presented. Both the Radon level and the ambient dose equivalent $H^(10)$ are much lower than the allowed ones so no radiological risk exists to persons working in the LSC. Also its excellent environmental radiological quality has been confirmed.*

INTRODUCCIÓN

En un laboratorio dedicado a la medida de muy bajas actividades radiactivas es necesario que la radiación ambiental sea lo más baja posible. Para lograrlo, las instalaciones se ubican en lugares subterráneos con objeto de obtener el máximo blindaje frente a la radiación cósmica. Otra condición necesaria es que la radiación ambiental, fundamentalmente debida al radón, sea baja. Dadas las fluctuaciones naturales existentes en la concentración de radón en aire, máxime en lugares subterráneos, se hace preciso medir y monitorizar dicha concentración y tratar de correlacionarla con los parámetros ambientales existentes con vistas a una posible minoración. Para las experiencias que se están realizando en el LSC es necesario conocer, en todo momento, cuál es la concentración de radón en aire y el resto de las condiciones ambientales del laboratorio lo que ha motivado la realización constante y continua de medidas de concentración de radón y demás parámetros ambientales. En este trabajo presentamos los resultados obtenidos en algo más de un año de medidas, lo que proporciona una estadística suficiente para conocer

las condiciones radiactivas ambientales en las distintas dependencias del LSC con objeto de elaborar, posteriormente, el preceptivo estudio establecido en la Instrucción del CSN IS-33 [1]. En la elaboración de este estudio previo se han seguido las directrices establecidas en las Guías de Seguridad 11.01 [2], 11.02 [3] y 11.04 [4] del CSN. Los descendientes del radón emisores gamma se consideran incluidos en la medida de la radiación gamma ambiental realizada con dosímetros termoluminiscentes.

DESCRIPCION DEL LABORATORIO

El Laboratorio Subterráneo de Canfranc, LSC, es una instalación científica singular española (ICTS) situada en Aragón, concretamente en Canfranc-Estación (Huesca). Sus laboratorios y salas han sido excavados en la roca a 850 metros de profundidad, debajo de la montaña del Tobazo, en la vertiente española de los Pirineos aragoneses entre el túnel por carretera de Somport, que une España con Francia, y el túnel ferroviario hoy en desuso (Figura 1). La composición de la roca es principalmente carbonato de calcio con una densidad promedio de 2,8 kg/m³, lo que sitúa a las distintas

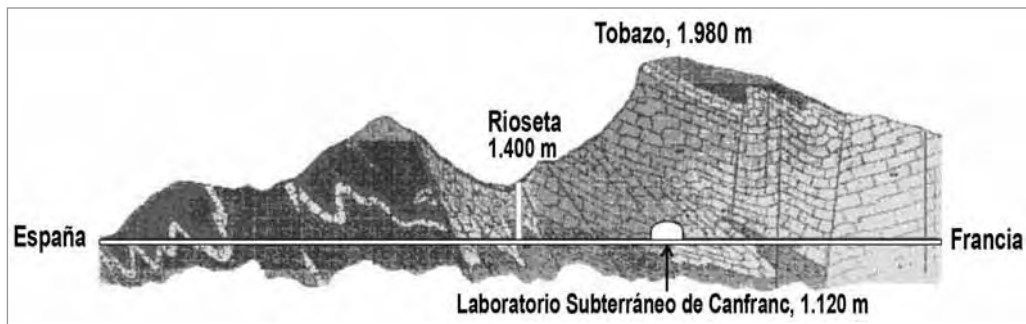
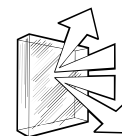


Figura 1. Situación del Laboratorio Subterráneo de Canfranc

salas de experimentación a una profundidad de 2.450 metros equivalentes de agua (mwe).

Las infraestructuras subterráneas del LSC se distribuyen en tres emplazamientos: LAB780, LAB2400 y LAB2500, indicando cada denominación la distancia en metros del laboratorio a la boca española del túnel ferroviario. En concreto, la superficie total del LAB2400, en el que se han realizado las medidas a las que se refiere este trabajo es de unos 1.250 m² que corresponde a un volumen de alrededor de 10.000 m³ y consta de una gran sala, Hall A, de 40x15x12 m³ y dos salas más pequeñas, Hall B de 10x10x7 m³ y Hall C de 5x10 x7 m³ en las cuales se distribuyen los experimentos. Además dispone de oficinas, una sala blanca y diversas salas técnicas (figura 2). La amplitud de sus salas experimentales, sus infraestructuras y su profundidad convierten al LSC en el segundo laboratorio científico subterráneo más grande de Europa, solamente superado por el Laboratorio del Gran Sasso, en Italia.

El edificio sede y administración del LSC se encuentra en una moderna construcción, en Canfranc Estación, ciudad a

conferencias, sala de exposiciones y dos apartamentos.

La ventilación del laboratorio se realiza filtrando y acondicionando el aire exterior que, desde Rioseta a 1.400 m de altura, llega a la Sala de Climatización (SC) a 1.120 m, a través de un túnel (chimenea) excavado en la roca. El flujo de aire fresco de ventilación es de unos 11.000 m³/h lo que garantiza su total renovación en una hora.

INSTRUMENTACION

Para la medida de la concentración de Radón, se ha utilizado un equipo portátil Alphaguard P30 de Genitron Instruments. Este equipo realiza la medida de la concentración de radón en continuo y los datos se registran cada 10 minutos en un ordenador portátil por medio del *software* Data Expert. El equipo funciona en modo de difusión y no necesita bomba de impulsión. Dispone de una cámara de ionización, de 0,56 litros, con un contador de impulsos que realiza una espectrometría alfa y mediante una evaluación inteligente selecciona la señal correspondiente al Rn-222. Además de la determinación de radón en aire, el equipo mide y registra simultáneamente la temperatura ambiente, la presión atmosférica y la humedad relativa por medio de unos sensores integrados [5].

Para la medida de la radiación ambiental se han utilizado dosímetros termoluminiscentes (TLD) Panasonic, modelo UD-802 [6]. Cada uno de estos dosímetros consta de cuatro elementos independientes alojados en una placa que dispone de diferentes blindajes para identificar el tipo de radiación incidente, dependiendo de su naturaleza y energía. Dos elementos, el E1 y el E2, son cristales de Li₂B₄O₇ y los otros dos, el E3 y el E4, son cristales de CaSO₄. Los cristales de Li₂B₄O₇ son sensibles a la radiación gamma de baja energía, radiación beta, rayos X y neutrones de baja energía; los de CaSO₄ son muy sensibles a la radiación gamma y se utilizan para la evaluación de bajas dosis como es el caso de la radiación ambiental. Las características de estos dosímetros se resumen

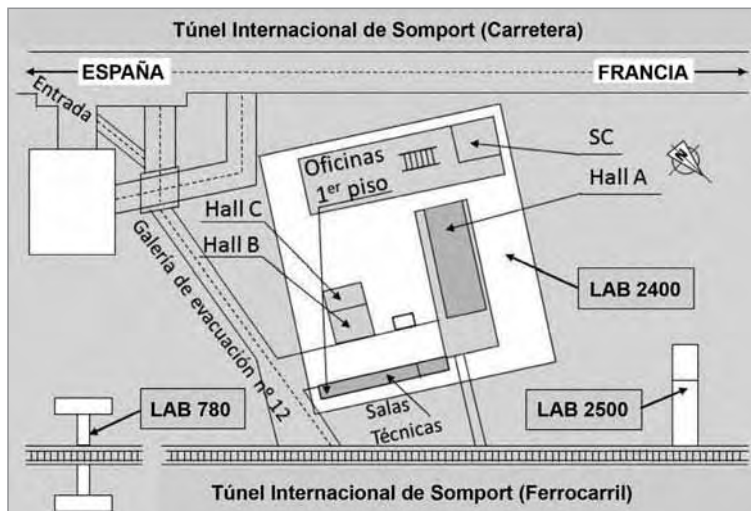


Figura 2. Plano de las instalaciones del Laboratorio Subterráneo de Canfranc.

en la tabla I [7]. Para la detección de la radiación ambiental se han colocado cuatro dosímetros juntos en un envase de plástico herméticamente cerrado para impedir la entrada de agua y polvo ambiente. Estos envases son los que se han colocado en los distintos puntos de medida. Al cabo de aproximadamente dos meses se sustituyen por otros y se realiza su lectura.

Para realizar dicha lectura se ha utilizado un equipo Panasonic UD-716 que lleva a cabo automáticamente una serie de correcciones previamente establecidas en función del tipo de dosímetro y del tipo de medida a realizar. En particular, tiene en cuenta la calibración previa de cada uno de los

Elemento	Cristal	Blindaje	Rango
E1	Li ₂ B ₄ O ₇	Plástico 14 mg/cm ²	Radiación β Radiación γ Rayos X
E2	Li ₂ B ₄ O ₇	Plástico 160 mg/cm ²	β energéticos γ 10 keV-10 MeV Rayos X
E3	CaSO ₄	Plástico 160 mg/cm ²	γ 25 keV -70 MeV(*)
E4	CaSO ₄	Plomo 0,7 mm	γ 25 keV -10 MeV(*)

(*) Muy sensible a bajas intensidades

Tabla I - Características físicas de los radiofármacos. Alcance en tejido blando.

cuatro cristales del dosímetro. Además, el equipo realiza también automáticamente el paso de número de cuentas a dosis (μSv, mSv, o R) y por ello el resultado final que suministra, para dosis ambiental H*(10), puede utilizarse directamente. En este trabajo la calibración del lector se ha llevado a cabo con dosímetros irradiados a 1,21 mSv (H*(10)) [8].

RESULTADOS

1. La medida de la concentración de radón en aire se ha realizado, en continuo, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2011 en el punto de captación de aire en Rioseta y en la Sala de Climatización del aire (SC) en el Laboratorio y durante los doce meses del año 2012, en la Sala de Climatización (SC) y en el Hall A. El aire que llega a esta sala ha sido filtrado y acondicionado desde SC. Estos emplazamientos se han seleccionado por ser los lugares de ocupación del personal científico y técnico así como el origen del aire acondicionado de todo el LSC.
2. La determinación de la dosis equivalente ambiental H*(10) se ha realizado durante el año 2012, con periodicidad bimensual, en SC, en Hall A y en el exterior del laboratorio.

Medida de la concentración de radón en aire

El valor medio diario de la concentración de Rn-222 en la zona de captación de aire para el Laboratorio, en Rioseta, y en la Sala de Climatización (SC) del Laboratorio, realizada en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2011 se indica en la figura 3.

Se observa que, como es lógico, el valor de la concentración de Rn-222 es mayor en SC que en Rioseta ya que el aire que entra desde Rioseta, en el exterior del LSC, tiene que atravesar más de 200 m por un túnel excavado en la montaña.

En la tabla II se indican los valores medios mensuales [9] [10], en las mismas ubicaciones y meses, junto con los de temperatura ambiente, presión atmosférica y humedad relativa. En la figura 4 se comparan estos resultados.

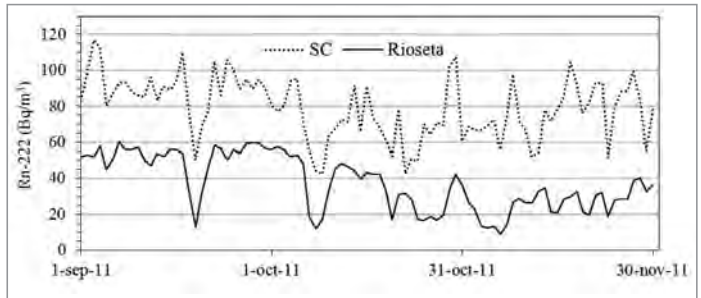
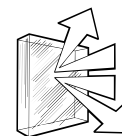


Figura 3. Concentración media diaria de Rn-222 en SC y Rioseta.

Se han estudiado las posibles correlaciones y periodicidades en las variables medidas. Para el estudio de estas correlaciones se ha calculado el coeficiente de correlación lineal*, r, entre todas las parejas de variables [11] en los datos mensuales. Los valores del coeficiente r se muestran en la tabla III. Consideraremos que existe una correlación apreciable cuando |r|>0,8.

La mayor correlación aparece entre el radón en Rioseta y la temperatura en SC, r = 1,000, seguida de la concentración de Radón y la temperatura en el propio punto de Rioseta, r = 0,994. Correlación análoga a la existente entre las temperaturas de SC y de Rioseta. Obviamente existe una correlación importante, r = 0,992, entre la presión atmosférica de SC y la de Rioseta. Algo menor existe, r = 0,985, entre la concentración de radón en SC y la humedad relativa en la misma sala y un poco más débil, r = 0,867, entre la concentración de radón en Rioseta y la humedad relativa de SC. Existe una correlación negativa, r = -0,999 entre la humedad relativa y la presión en Rioseta y algo menor, r = -0,987, entre la humedad relativa en Rioseta y la presión en SC.

*Coeficiente de correlación lineal definido como el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas de ambas variables.



Mes	Rn222 (Bq/m ³)		Temperatura (°C)		Presión (mb)		Humedad relativa (%)	
	SC	Rioseta	SC	Rioseta	SC	Rioseta	SC	Rioseta
Sep-11	91 ± 14	51 ± 21	20,9 ± 0,4	18,3 ± 4,4	882,9 ± 4,1	858,6 ± 3,7	51,2 ± 5,1	57,0 ± 9,4
Oct-11	70 ± 18	35 ± 16	20,1 ± 0,2	13,0 ± 2,8	883,2 ± 4,2	858,7 ± 4,3	39,9 ± 5,9	57,3 ± 19,2
Nov-11	77 ± 15	26 ± 11	19,6 ± 0,2	8,8 ± 2,0	881,3 ± 6,0	855,0 ± 5,9	41,8 ± 5,3	73,9 ± 11,0

Tabla II: Concentración de Rn-222, temperatura, presión y humedad relativa en 2011

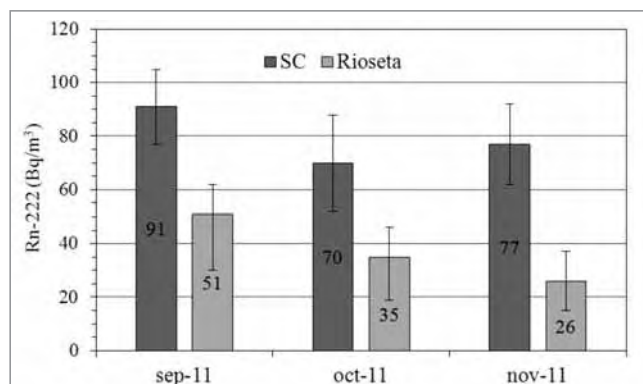


Figura 4. Concentración media mensual de Rn-222 en SC y Rioseta.

Las características ambientales de la chimenea y un posterior pasillo que lleva el aire desde el exterior en Rioseta al interior, en la SC, tienen una influencia, no sólo porque la concentración de radón aumenta debido a la emisión de las paredes sino también en los parámetros del propio aire, como la emisión de humedad y el cambio de temperatura a lo largo del trayecto. Parece que tanto la temperatura como la humedad relativa contribuyen a una mayor emisión de radón desde el suelo y la roca.

Se ha estudiado también la concentración media diaria de Rn-222 durante todos los meses de 2012. Las medidas se han realizado en el punto de captación de aire a la entrada del laboratorio (SC) y en una de sus salas experimentales (Hall A). Estos valores medios diarios se presentan en la figura 5.

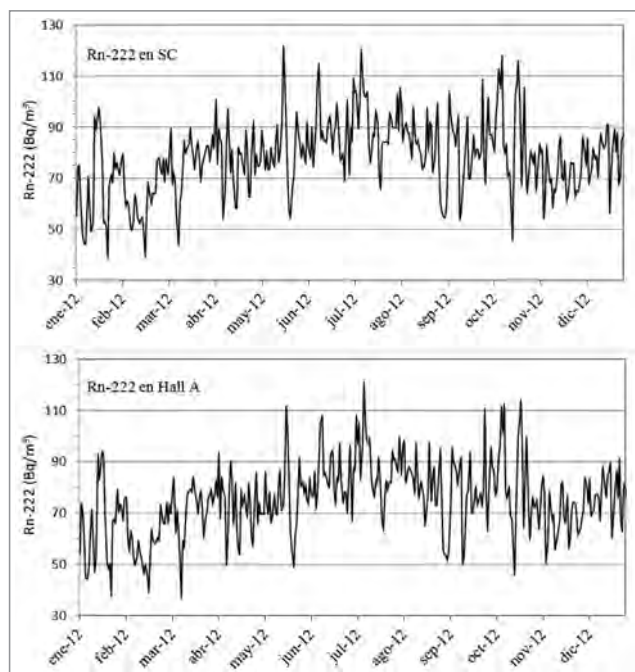


Figura 5. Concentración media diaria de Rn-222 en SC y en el Hall A.

Los valores medios mensuales [9] [10] durante 2012 de la concentración de Rn-222 se muestran en la figura 6. Estos valores medios son prácticamente iguales en la SC y en el Hall A ya que el aire que llega a la SC se transporta a todo el Laboratorio, y en particular al Hall A, a través de ventilación forzada. Los valores máximos de estas concentraciones

		Rn-222		Temperatura		Presión		Humedad rel.	
		SC	Rioseta	SC	Rioseta	SC	Rioseta	SC	Rioseta
Rn-222	SC	1,000	0,767	0,749	0,695	0,043	0,166	0,985	-0,204
	Rioseta	0,767	1,000	1,000	0,994	0,674	0,760	0,867	-0,785
Temperatura	SC	0,749	1,000	1,000	0,997	0,694	0,778	0,853	-0,802
	Rioseta	0,695	0,994	0,997	1,000	0,748	0,824	0,810	-0,846
Presión	SC	0,043	0,674	0,694	0,748	1,000	0,992	0,217	-0,987
	Rioseta	0,166	0,760	0,778	0,824	0,992	1,000	0,336	-0,999
Humedad rel.	SC	0,985	0,867	0,853	0,810	0,217	0,336	1,000	-0,372
	Rioseta	-0,204	-0,785	-0,802	-0,846	-0,987	-0,999	-0,372	1,000

Tabla III. Valores del coeficiente de correlación, r.

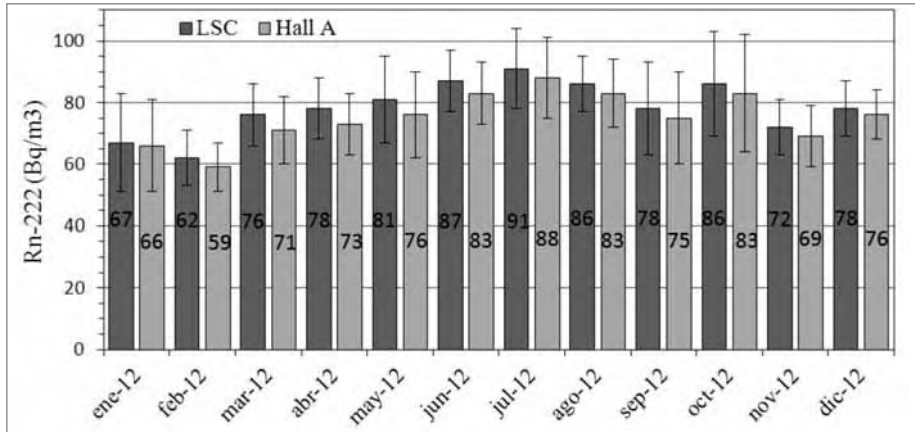


Figura 6. Concentración media mensual de Rn-222 en SC y Hall A.

		Rn -222		Temperatura		Presión		Humedad rel.	
		SC	Hall A	SC	Hall A	SC	Hall A	SC	Hall A
Rn-222	SC	1,000	0,990	0,482	-0,135	-0,176	-0,184	0,888	0,852
	Hall A	0,990	1,000	0,534	-0,047	-0,119	-0,138	0,881	0,862
Temperatura	SC	0,482	0,534	1,000	0,047	0,198	0,210	0,702	0,815
	Hall A	-0,135	-0,047	0,047	1,000	-0,198	-0,292	-0,062	-0,100
Presión	SC	-0,176	-0,119	0,198	-0,198	1,000	0,990	-0,202	-0,046
	Hall A	-0,184	-0,138	0,210	-0,292	0,990	1,000	-0,199	-0,043
Humedad rel.	SC	0,888	0,881	0,702	-0,062	-0,202	-0,199	1,000	0,977
	Hall A	0,852	0,862	0,815	-0,100	-0,046	-0,043	0,977	1,000

Tabla IV. Valores del coeficiente de correlación, r.

Mes	Horario de Trabajo (HT)	Días Laborables (DL)	Mensual (TM)
Ene-12	68 ± 16	67 ± 13	66 ± 15
Feb-12	58 ± 11	58 ± 9	59 ± 8
Mar-12	70 ± 16	71 ± 11	71 ± 11
Abr-12	76 ± 12	72 ± 11	73 ± 10
May-12	75 ± 13	74 ± 11	76 ± 14
Jun-12	83 ± 11	81 ± 7	83 ± 10
Jul-12	93 ± 14	91 ± 11	88 ± 13
Ago-12	83 ± 16	83 ± 11	83 ± 11
Sep-12	77 ± 17	81 ± 17	75 ± 15
Oct-12	84 ± 24	84 ± 20	83 ± 19
Nov-12	69 ± 12	69 ± 10	69 ± 10
Dic-12	79 ± 8	79 ± 6	76 ± 8
Promedio Anual	76 ± 9	76 ± 8	74 ± 8

Tabla V: Valores de la concentración de Rn-222, Bq/m³, en el Hall A.

se presentan en los meses de verano. En el mes de julio su valor es 91 ± 13 Bq/m³ para la SC y 88 ± 13 Bq/m³ para el Hall A.

Se han estudiado también las posibles correlaciones y periodicidades en las variables medidas a lo largo de los meses del año 2012. Los valores del coeficiente de correlación, r, entre todas las parejas de variables [11] en los datos mensuales se muestran en la tabla IV.

Aparece, obviamente, una fuerte correlación, $r = 0,990$, entre el radón en la SC y en el Hall A ya que el aire es esencialmente el mismo. Lo mismo sucede con la presión entre ambas salas, $r = 0,990$ y la humedad entre ellas, $r = 0,977$. Sigue apareciendo una correlación algo menor entre la concentración de radón y la humedad relativa tanto en la SC, $r = 0,888$, como en el Hall A, $r = 0,862$.

Con objeto de comprobar si se superan los valores de la concentración de Rn-222 en aire en las horas de trabajo, se han calculado los valores promedio mensuales en el Hall A en ese horario

(HT). Aunque la ocupación de los diversos espacios es variable pues está condicionada por los distintos experimentos que se llevan a cabo a lo largo del año, se ha considerado horario de trabajo el que tiene lugar en días laborables de las 08:00 h hasta 18:00 h pues la estancia del personal científico y técnico no supera ese tiempo.

En la tabla V se presentan los valores de esta concentración, en Bq/m³, junto con los obtenidos para las 24 horas de esos días laborables (DL) y en todos los días de cada uno de los meses (TM). Se indica también los correspondientes valores promedio ponderados anuales durante 2012.

La concentración media anual en el horario de trabajo es muy inferior a 600 Bq/m³ que es el límite permitido indicado en la Instrucción IS-33, de 21 de diciembre de 2011, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural [1].

Determinación de la dosis de radiación ambiental

Los principales componentes de la radiación natural a un metro de altura [12] son debidos esencialmente a radionúclidos presentes en el ambiente (terreno, agua, aire) y a la radiación cósmica. A efectos de dosis equivalente ambiental $H^*(10)$, sólo

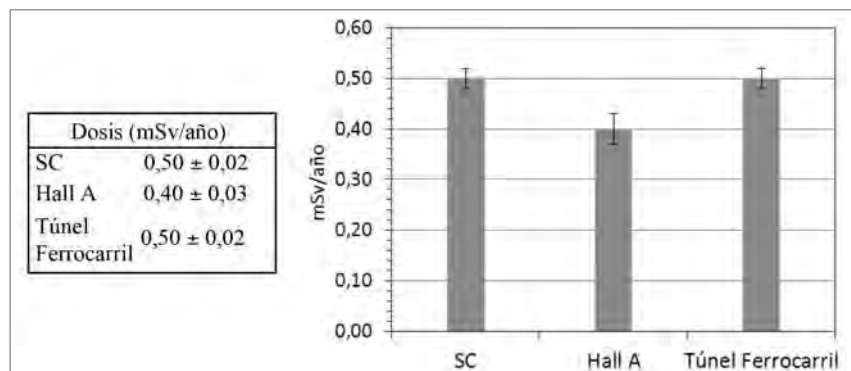
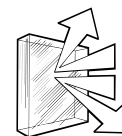


Figura 7. Valores de la dosis equivalente ambiental $H^*(10)$ en el año 2012.

intervienen las radiaciones beta y gamma, pues la radiación alfa se absorbe en pequeños espesores de materia o unos milímetros de aire. Por otro lado, la componente beta no tiene un gran alcance y sólo es relevante si las fuentes se encuentran muy cercanas. En estas condiciones, la componente gamma es la más importante desde el punto de vista medioambiental.

La consecuencia práctica de este resultado para nuestras medidas es que la radiación beta va a resultar despreciable frente a la gamma y que la medida de nuestros dosímetros corresponde básicamente a radiación gamma natural. Por esta razón, una vez comprobado este hecho experimentalmente en los datos obtenidos con los elementos E1 y E2, nos centramos únicamente en los resultados obtenidos para los elementos E3 y E4.

En la figura 7 se presentan los valores medios [13] de la dosis equivalente ambiental $H^*(10)$, en mSv/año, durante 2012, medidos en la SC, el Hall A y en el túnel del ferrocarril en un punto próximo a las instalaciones del LAB2400 del LSC.

El menor valor de esta dosis en el laboratorio corresponde al Hall A, con un valor $d = 0,40 \pm 0,03$ mSv/año lo que pone de manifiesto el mayor blindaje que tiene el Hall A tanto frente a la SC como al túnel de ferrocarril. La dosis en el exterior del laboratorio, concretamente en Canfranc Estación, es [14] $d = 0,88 \pm 0,04$ mSv/año, evidentemente muy superior, lo que indica el bajo fondo ambiental existente en el área experimental y la excelente calidad del LSC para medidas de muy bajas actividades.

CONCLUSIONES

Se ha medido en continuo la concentración de radón y con periodicidad bimensual se ha determinado la dosis equivalente ambiental $H^*(10)$ en el interior del Laboratorio Subterráneo de Canfranc.

La concentración media anual de radón, tanto en horario de trabajo como a lo largo de las 24 horas, es inferior al nivel legalmente establecido [1], por lo que no supone peligro radiológico tanto para el personal que allí trabaja como para las personas que lo visitan.

Las correlaciones estudiadas entre el radón y diversas variables meteorológicas indican cierto grado de correlación en algunos casos. En la actualidad se siguen analizando con nuevos datos para corroborar su consistencia.

Las dosis ambientales registradas en distintas dependencias del LSC son inferiores a la media anual en el exterior del Laboratorio [14], lo que indica la excelente calidad radiológica ambiental del LSC.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer al personal del Laboratorio Subterráneo de Canfranc y, en particular, a su director, las facilidades que en todo momento nos han brindado en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Instrucción IS-33, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural. CSN. 2012.
- [2] Guía de seguridad 11.01. Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire. CSN. 2010.
- [3] Guía de seguridad 11.2. Control de la exposición a fuentes naturales de radiación. CSN. 2012
- [4] Guía de seguridad 11.4. Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo. CSN. 2012
- [5] <http://saphymo.de/products/products.html#AlphaGUARD>. The reference in professional radon measurement Alphaguard. Genitron Instruments. Frankfurt. 2007
- [6] Especificaciones generales de dosímetros TLD. Matsushita Electric Industrial Co, ITP Panasonic.
- [7] UD-8xx TLD Specifications. Dosimetry Resources Industrial, Inc. 2008.
- [8] ISO 4037-3: 1999. X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters for determining their response as a function of photon energy. Part3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence.
- [9] Bevington, P.R. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. McGraw-Hill. New York. 1969
- [10] Evaluación de datos de medición. Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. EDICIÓN DIGITAL 1 en español (traducción 1º Ed. Sept. 2008) Primera edición septiembre 2008 (original en inglés). Centro Español de Metrología
- [11] D.S. Moore, G.P. McCabe. "Introduction to the practice of statistics" W.H. Freeman and company. Nueva York 1993.
- [12] Proyecto Marna. Mapa de radiación gamma natural. Colección informes técnicos 5.2000. CSN.
- [13] Procedimiento para la evaluación de incertidumbres en la determinación de la radiactividad ambiental. Colección informes técnicos 11.2003. CSN, 2003.
- [14] H.I. Calvete et al. Elaboración de un mapa de radiación ambiental en Aragón. Rev. Radioprotección, nº 75 Vol XX 2013.

Dosimetría ocupacional en tiempo real en salas de hemodinámica. Utilidad del Sistema Dose-Aware como herramienta formativa

M. Pinto Monedero¹, C. Rodríguez Cobo¹, X. Pifarré Martínez¹, J. Ruiz Martín¹, J.M. Barros Candeleró¹, J. Goicolea Ruigómez², G. Díaz Blaires², I. García Lunar²

¹Servicio de Radiofísica. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda
²Unidad de Hemodinámica. Hospital Universitario Puerta de Hierro. Majadahonda

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio basado en el uso de un sistema de dosimetría en tiempo real en salas de hemodinámica con un doble objetivo: conocer las dosis típicas por procedimiento de los profesionales y evaluar su utilidad como herramienta formativa en materia de protección radiológica junto con la grabación en vídeo de los procedimientos.

Se han analizado un total de 83 procedimientos diagnósticos y terapéuticos, obteniendo una dosis promedio por intervención de 0,37 μ Sv para el cardiólogo principal y 0,10 μ Sv para la enfermera principal. 36 de estos procedimientos fueron grabados en vídeo y se sincronizaron las imágenes con la información dosimétrica almacenada por el sistema, presentando los resultados en una sesión formativa. Los miembros del equipo de cardiología intervencionista mostraron su satisfacción con esta novedosa modalidad de formación en protección radiológica para optimizar las dosis ocupacionales.

ABSTRACT

This paper presents the results from a study based in a real time dosimetry system used in the catheter laboratory room of our center. The objective was to know the occupational doses per procedure, on the one hand, and, on the other hand, to evaluate its utility as a learning tool for radiation protection purposes with the simultaneous video recording of the interventions.

83 diagnostic and therapeutic procedures were analyzed, and an average dose per procedure of 0,37 μ Sv and 0,10 μ Sv for the main cardiologist and nurse were obtained, respectively. 36 of these interventions were also recorded and the images were synchronized with the dosimetric information stored at the dosimetry system. The findings were presented to the interventional cardiology team in a learning session. They showed a high level of satisfaction with this new method of optimizing the occupational doses through a customized learning session.

INTRODUCCIÓN

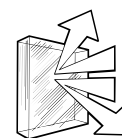
Las dosis que reciben los profesionales que trabajan en las salas de hemodinámica se encuentran entre las más altas dentro del ámbito hospitalario. Sin embargo, es difícil conocer con exactitud la dosis que reciben los profesionales, ya que la dosimetría personal ocupacional es, en la mayoría de los casos, poco representativa debido al uso inadecuado de los dosímetros personales [1,2].

El trabajo persigue un doble objetivo. Por un lado, pretende conocer las dosis típicas que reciben los profesionales de cardiología intervencionista mediante un sistema de dosimetría en tiempo real, que permite conocer la tasa de dosis en cada momento y registra la información dosimétrica durante

todo el procedimiento. Por otro lado, persigue evaluar la validez de este sistema de dosimetría, conjuntamente con la grabación simultánea de los procedimientos para su posterior análisis, como herramienta docente desde el punto de vista de la protección radiológica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha empleado el sistema de dosimetría en tiempo real "Dose Aware" de Philips (*Philips Medical Systems*, Eindhoven, Holanda). Este sistema consiste en seis dosímetros semiconductores conectados de forma inalámbrica con una base (pantalla táctil LCD) situada en la sala de hemodinámica, de forma que los profesionales pueden ver en tiempo real la tasa de dosis que están recibiendo mediante un diagrama de



Clasificación procedimientos		Descripción	
Diagnósticos	Simples	Angiografía	
	Complejos	Angiografía más otra técnica diagnóstica (guía de presión, guía dopler, IVUS)	
	Cateterismo derecho		
Terapéuticos	Coronarios	Simples	Uso de stent y/o balón. Un solo vaso Menos de dos lesiones
		Complejos	Procedimientos diferentes al uso exclusivo de stent y/o balón excepto la tromboaspiración Dos o más vasos Tres o más lesiones
	Estructurales		
Biopsias			

Tabla 1. Clasificación de los procedimientos analizados según su complejidad.

barras y colores fácilmente interpretable por el profesional expuesto (color verde, tasa de dosis baja; color amarillo; tasa de dosis media; color rojo, tasa de dosis alta). Los dosímetros operan en un rango de dosis entre 1 μSv y 10 Sv y una tasa de dosis entre 3 nSv/s y 15 $\mu\text{Sv/s}$.

Además de mostrar la tasa de dosis en tiempo real, el sistema almacena la información de la dosimetría de todo el procedimiento, permitiendo su posterior análisis de forma detallada con el programa asociado "Dose Manager". Este programa permite visualizar la tasa de dosis a lo largo del procedimiento así como la dosis acumulada por cada dosímetro. De esta forma, podemos saber la dosis acumulada por un profesional en un procedimiento determinado, o a lo largo de un periodo de tiempo. El programa también permite visualizar simultáneamente las dosis recibidas por los diferentes dosímetros, pudiendo así comparar las dosis que han recibido los distintos profesionales que han participado en un mismo procedimiento.

Durante un periodo de dos meses el personal de la sala de hemodinámica ha portado los dosímetros en un total de 83 procedimientos. Los dosímetros se han llevado en todas las ocasiones por encima del delantal a la altura del pecho. Los procedimientos han sido clasificados para su posterior análisis en tres grandes categorías de acuerdo con su complejidad: procedimientos diagnósticos, procedimientos terapéuticos y biopsias endomiocárdicas. Las dos primeras categorías se dividen a su vez en varias subcategorías tal y como explica la tabla 1. De los procedimientos analizados, aproximadamente un 60% fueron procedimientos diagnósticos, un 36% fueron procedimientos terapéuticos y un 4% fueron biopsias.

Los dosímetros han sido asignados a cuatro profesionales: el médico principal, que dirige el procedimiento (FAC 1), un segundo médico de apoyo (FAC 2), una enfermera (DUE 1) y una auxiliar o segunda enfermera de apoyo (DUE 2). Se ha colocado un dosímetro como referencia en el brazo del arco intervencionista, para poder distinguir los incrementos de tasa de dosis debidos a la propia técnica radiográfica empleada de los incrementos debidos a otros factores como la colocación de la pantalla de protección, ubicación del personal en la sala, etc. En este estudio se han utilizado dos equipos Allura XPER FD 10 de Philips (*Philips Medical Systems*, Eindhoven, Holanda).

Simultáneamente, se ha realizado la grabación en vídeo de 36 de los procedimientos y se ha sincronizado el tiempo de la grabación con el registro de dosis, con el objetivo de intentar correlacionar incrementos significativos en la tasa de dosis recibida por los profesionales con prácticas mejorables desde el punto de vista de la protección radiológica.

En el análisis posterior se ha estudiado el producto dosis-área (PDA) y la dosis acumulada por cada dosímetro. Con ayuda de las grabaciones, se han investigado los incrementos significativos de tasa de dosis en las imágenes del procedimiento, gracias a la sincronización entre ambos sistemas.

Los vídeos, con el posterior análisis, fueron presentados en sesión formativa a todo el personal involucrado en la sala de hemodinámica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Puesto que los dosímetros fueron portados externamente al delantal plomado, se ha calculado la fracción de la radiación

Filtración /kV	60	70	80	90	100	110	120
0,0 mm Cu	0,06%	0,23%	0,57%	1,04%	1,59%	2,20%	2,77%
0,2 mm Cu	0,10%	0,33%	0,82%	1,46%	2,19%	2,94%	3,63%
0,9 mm Cu	0,28%	0,62%	1,32%	2,55%	3,65%	4,79%	5,64%

Tabla 2: Factor de transmisión de los delantales plomados Light Plus de Amray de 0,5 mm de plomo de espesor equivalente, para diferentes filtraciones añadidas del equipo y diferente kilovoltaje.

transmitida a través del mismo o factor de transmisión para calcular las dosis que recibiría el profesional bajo el delantal. Los delantales empleados en estas salas, modelo Light Plus (Amray Surgical Equipment Ltd, Drogheda, Ireland), tienen un espesor equivalente a 0,5 mm de plomo y están compuestos de plomo y estaño. Se ha medido la transmisión en condiciones de haz disperso y con diferentes filtraciones de cobre (ver tabla 2).

Para el cálculo del factor de transmisión se han tenido en cuenta que, en promedio, un 30 % del producto dosis área corresponde a adquisición de imágenes en escopia y el 70% a adquisición de imágenes en modo cine. La adquisición en escopia emplea una filtración de 0,9 mm de cobre y en modo cine no utiliza ninguna filtración añadida. El kilovoltaje promedio aplicado en los procedimientos es de 90 kV. El factor de transmisión (FT) resultante es:

$$FT = 0,3 * 2,55\% + 0,7 * 1,04\% = 1,49\% (1)$$

Este factor de transmisión se ha aplicado a todas las medidas.

En la tabla 3 se presenta el producto dosis área así como las dosis acumuladas promedio para cada categoría de procedimientos.

De la tabla 3 podemos concluir que la dosis promedio por procedimiento que recibe el médico principal es muy baja, de 0,37 µSv. Teniendo en cuenta el límite legal anual

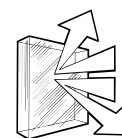
promedio establecido para un trabajador expuesto de categoría A (20 mSv), sería necesario participar en 7400 intervenciones anuales para sobrepasar dicho límite. Las dosis que recibe el resto de personal que participa en el procedimiento, son, en todo caso, menores. Si analizamos los resultados por tipos de procedimiento, la dosis promedio por procedimiento en intervenciones terapéuticas coronarias complejas es significativamente superior al resto.

La grabación en vídeo de los procedimientos y su análisis con el programa "Dose Manager", permitió detectar algunas prácticas mejorables desde el punto de vista de la protección radiológica como la colocación incorrecta de la pantalla plomada o situaciones desfavorables del personal dentro de la sala. También ayudó a que los profesionales fuesen conscientes del incremento de dosis que suponen determinadas prácticas, aun siendo correctas desde el punto de vista de protección radiológica; por ejemplo, el uso de ciertas angulaciones del arco, la dosis recibida en adquisición de imagen en modo "cine" respecto a la escopia, etc.

En la figura 2 se presentan fotogramas de dos situaciones halladas durante este estudio junto con la representación de la tasa de dosis respecto al tiempo proporcionado por el programa "Dose Manager". La intervención 1.a llamó nuestra atención debido a que el enfermero acumuló una dosis mayor que el médico principal, a pesar de haber permanecido en el interior de la sala un tiempo inferior (ver tabla 4). Tras analizar la tasa de dosis de los dosímetros con ayuda del programa "Dose Manager" se observó que el enfermero estaba expuesto a tasas de dosis muy superiores a las del médico en momento puntuales de la intervención, al situarse muy próximo al tubo durante la exposición a los rayos X. La intervención 1.b refleja una situación parecida. En este caso, la auxiliar recibe una dosis comparable a la

Tipo de procedimiento	N	PDA total (Gy·cm²)	Dosis acumulada por procedimiento (µSv)					Dosis acumulada por procedimiento debajo del delantal (µSv)			
			FAC 1	FAC 2	DUE 1	DUE 2	Arco	FAC 1	FAC 2	DUE 1	DUE 2
Diagnóstico Simple	33	32,04	25,17	1,50	6,53	10,83	276,55	0,38	0,02	0,10	0,16
Diagnóstico Complejo	10	48,25	21,20	15,25	4,89	12,29	561,70	0,32	0,23	0,06	0,16
Diagnóstico Cateterismo derecho	7	11,16	9,14	1,00	2,80	4,33	83,86	0,14	0,01	0,05	0,08
Terapéutico Coronario Simple	18	50,61	21,89	11,63	4,46	2,80	448,71	0,33	0,17	0,07	0,04
Terapéutico Coronario Complejo	7	180,90	49,86	21,00	19,50	10,20	1395,86	0,74	0,31	0,29	0,15
Terapéutico Estructural	5	46,06	17,80	9,60	1,67	2,50	577,80	0,27	0,14	0,02	0,04
Biopsia Endomiocárdica	3	23,23	28,67	8,00	5,33	2,00	180,67	0,43	0,12	0,08	0,03
Promedio total	Σ 83	56,03	24,82	9,71	6,45	6,42	503,59	0,37	0,14	0,10	0,10

Tabla 3: Resumen del producto dosis área (PDA), y de la dosis acumulada por procedimiento por los distintos profesionales que trabajan en la sala de hemodinámica para cada categoría.



	Categoría Procedimiento	Duración (min)	PDA total (Gy·cm ²)	Dosis acumulada por procedimiento (µSv)			
				FAC 1	FAC 2	DUE 1	DUE 2
Intervención 1.a	Diagnóstico Simple	35	59,8	7	-	16	2
Intervención 1.b	Diagnóstico Complejo	35	36,9	22,0	-	12,0	20,0

Tabla 4: Resumen de las dosis acumuladas en los dos procedimientos analizados



Figura 1: Sistema Dose Aware (pantalla LCD y dosímetro). Personal de la sala de hemodinámica portando los dosímetros semiconductores.

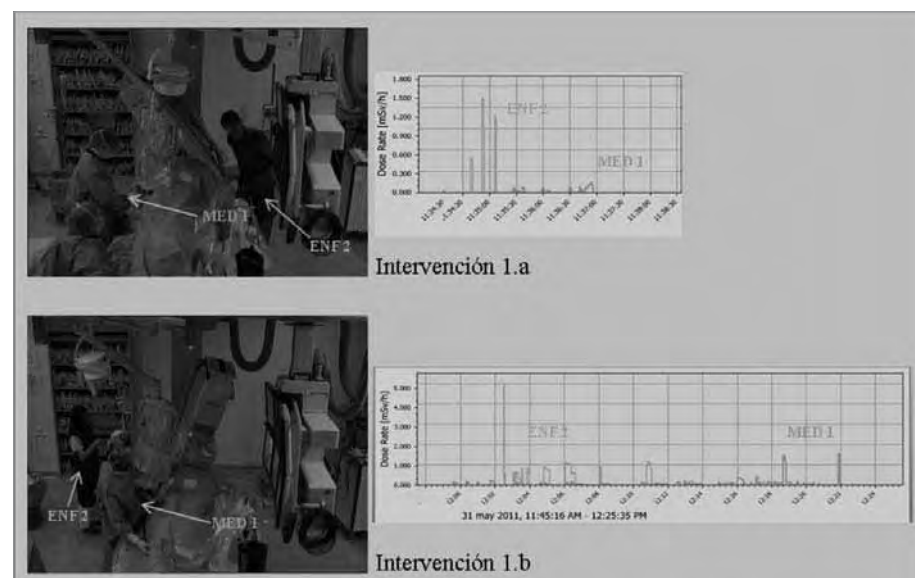


Figura 2: a) En el análisis se aprecia una tasa de dosis en el dosímetro del enfermero significativamente más alta que la del médico, situado tras la pantalla de protección. Revisando la grabación de la intervención, se observa que la situación del enfermero es muy desfavorable desde el punto de vista de la protección radiológica. b) En el análisis se observó que la enfermera de apoyo recibió una dosis total similar a la del médico, a pesar de haber participado solo de manera puntual en la misma. Al revisar la grabación se encontró que estuvo manipulando un gotero próxima al tubo sin pantalla de protección

del médico principal, a pesar de haber estado en el interior de la sala durante sólo ocho minutos. En las imágenes se puede ver cómo manipula un gotero próximo al tubo de rayos durante la emisión de rayos X.

Los resultados hallados y una selección de procedimientos, como los presentados anteriormente, fueron tratados en una

sesión formativa con todo el personal de la sala de hemodinámica. Los profesionales consideraron de gran utilidad el poder visualizar los momentos de la intervención en que estuvieron expuestos a altas tasas de dosis.

CONCLUSIONES

El estudio en tiempo real de las dosis recibidas por los profesionales que trabajan en la sala de hemodinámica ha demostrado que estas dosis son muy bajas. Con una carga de trabajo normal e incluso elevada, la dosis que recibiría un profesional sería sensiblemente inferior al límite legal para trabajadores expuestos de categoría A.

Además, el sistema de dosimetría in vivo "Dose-Aware" se ha mostrado como una herramienta formativa muy valiosa. Por un lado, como sistema de dosimetría ocupacional en tiempo real permite a los profesionales ser conscientes en todo momento de la dosis que están recibiendo. Por otro lado, como herramienta formativa junto con la grabación de los procedimientos, ha permitido detectar conductas mejorables desde el punto de vista de la protección radiológica. Los profesionales usuarios del sistema y sometidos a la formación han mostrado una satisfacción muy alta con el mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Vañó E, Fernández JM, Sánchez R. Occupational dosimetry in real time. Benefits for interventional radiology. Radiation Measurements 2011; 46(11):1262-1265.
- [2] Sánchez R, Vañó E, Fernández JM, Gallego JJ. Staff Radiation Doses in a Real-Time Display Inside the Angiography Room. Cardiovasc Intervent Radiol 2010; 33:1210-1214.

Desarrollo de los escenarios susceptibles de utilizarse en un ejercicio nacional de coordinación y gestión a largo plazo tras una emergencia nuclear

M. Montero¹ y E. Gallego²

¹CIEMAT, Departamento de Medio Ambiente

²ETSII-UPM, Departamento de Ingeniería Nuclear

RESUMEN

Las experiencias obtenidas de accidentes reales como Chernóbil o Fukushima, han demostrado la importancia de disponer de una gestión mucho más descentralizada cuando se ha de abordar la puesta en práctica de medidas que afectarán a la vida cotidiana de las poblaciones y sus propiedades. Esto se materializa en la necesidad de involucrar más directamente a los niveles regionales y locales, así como a otros agentes sociales y población afectada, en la preparación de las emergencias y, especialmente, en la fase de recuperación / rehabilitación post-emergencia.

Bajo el proyecto europeo NERIS-TP¹, se ha considerado el desarrollo de un ejercicio nacional que facilitara el abordaje de la estructuración y establecimiento de los procedimientos operativos necesarios para la planificación y respuesta en la fase de recuperación. Este trabajo presenta el proceso de selección y desarrollo de los escenarios de intervención utilizados en esta actividad que, con la participación de todos los posibles actores implicados o afectados en caso de una situación real, sirvan como base para analizar y discutir los criterios, posibilidades y alternativas específicas que podrían / deberían considerarse a nivel local durante dicha fase. Se presentan, también, los recursos disponibles en el ámbito europeo y nacional, para modelar y analizar estos escenarios.

ABSTRACT

Experiences from real accidents like Chernobyl or Fukushima, have demonstrated the importance of a more decentralized management if it is to address the implementation of measures that affect the daily lives of people and their properties. This is embodied in the need to engage more directly to regional and local levels, as well as other social partners and affected population in emergency preparedness, and especially, in the recovery phase and post-emergency rehabilitation.

In the framework of the European NERIS-TP¹ project, the organisation of a national exercise that could help to address structuring and establishment of operational procedures in the planning and response for the recovery phase has been considered.

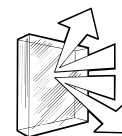
This paper presents the selection and development of the scenarios for intervention that could be used as basis for a analysis and joint discussion about the criteria, possibilities and specific alternatives that could / should be considered at local level during the recovery phase in a facilitated table top exercise with the participation of all possible actors involved or affected in case of a real situation. Available resources at European and national level, to model and analyze these scenarios are also presented.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de una estrategia genérica de toma de decisiones para hacer frente a la evolución de una situación de emergencia, desde la etapa de la respuesta hasta la de la recuperación, con la necesaria planificación previa, puede facilitar la toma, oportuna, eficaz y coherente, de decisiones por parte de las organizaciones de respuesta y ayudar a asegurar una protección óptima de la salud, el medio ambiente y la sociedad. Tradicionalmente, la preparación de la emer-

gencia y sistemas de respuesta en Europa se han enfocado, principalmente, en las capacidades nacionales dirigidas directamente desde las autoridades centrales. Las experiencias tras los accidentes nucleares de Chernobyl y Fukushima han demostrado la importancia de disponer de una gestión más descentralizada, involucrando más directamente a los niveles regionales y locales en la preparación de las emergencias y, especialmente, de la fase posterior de recuperación/rehabilitación, cuando se ha de abordar la puesta en práctica de medidas que afectarán a la vida cotidiana de las poblaciones y a sus propiedades. En España, el actual sistema nacional de protección civil responde a un modelo de máxima descentralización en el que participan el conjunto de las administraciones públicas:

¹Towards a self-sustaining European Technology Platform (NERIS-TP) on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery. FP7-fission-2010, Grant Agreement No 269718. <http://resy5.fzk.de/NERIS-TP/index.php>



estatal, autonómicas y locales. La legislación española sobre planes de emergencia nuclear del nivel de respuesta exterior (PLABEN [1]), aplicado a través de sus planes derivados, los planes de emergencia nuclear, exteriores a las centrales nucleares (PEN) y Plan de emergencia nuclear del nivel central de respuesta y apoyo (PENCRA), desarrolla normas y criterios referidos fundamentalmente a las acciones necesarias de planificación, preparación y respuesta para la fase de la emergencia. Y, aunque la fase de recuperación no está plenamente desarrollada, se incluyen algunos de los criterios de actuación de la fase de transición a la recuperación, y se prevé un conjunto de medidas a adoptar en el largo plazo, que deberían aplicarse "a priori" en el territorio denominado como zona II. Por otro lado, bajo el proyecto europeo de investigación NERIS-TP¹ se está desarrollando un paquete de trabajo sobre "Procesos e Instrumentos para la Preparación a la Emergencia y posterior Recuperación a Nivel Local" en el que participan el CIEMAT² y la ETSII-UPM³. En este contexto, se ha considerado que un ejercicio centrado en la fase de recuperación y en el que participen distintos organismos estatales, autonómicos y locales, así como otros actores afectados y otras organizaciones de apoyo, puede ayudar a iniciar el abordaje de la estructuración y establecimiento de los procedimientos operativos necesarios en esta última fase. Para ello, se propone ensayar una metodología piloto utilizando una actividad práctica que coloque a los participantes en una situación simulada o escenario que requiera que actúen con las capacidades/funciones que se esperarían de ellos en un evento real. En este trabajo se presenta el proceso de selección y desarrollo de los escenarios susceptibles de ser utilizados en dicha actividad, que se ha denominado NERIS-2013/PENTA, como primera fase de la metodología propuesta.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ámbito territorial seleccionado para el ejercicio, es el del PENTA⁴[2], zona de planificación de la central nuclear de Ascó (CN Ascó). Como base del ejercicio se utiliza la simulación de un escape producido por un accidente severo en la CN Ascó, que contamina el territorio con productos radiactivos de vida larga (como el Cesio 137), planteando los problemas a abordar necesariamente en la fase de recuperación, tales como la contaminación de zonas habitadas, terrenos agrícolas y productos agropecuarios, o masas de

agua dulce. Los escenarios resultantes deben ser representativos de las posibles situaciones reales que puedan plantearse en el territorio escogido. Para ello se ha seguido la secuencia de pasos que se describen a continuación:

Selección y descripción del escenario del accidente

El escenario del accidente se caracteriza en función del término fuente y de las condiciones meteorológicas, que se utilizan de entrada a los modelos de dispersión atmosférica y depósito de radionucleidos que determinarán el escenario de intervención.

El término fuente (TF) se define como la cantidad y composición isotópica del material liberado al exterior a lo largo del tiempo como consecuencia de un accidente nuclear. En este estudio, se ha partido del Estudio de Evaluación del nivel 2 del Análisis Probabilista de Seguridad de la CN Ascó (APS Nivel 2 Ascó) [3] para seleccionar aquellos accidentes severos que conducen a importantes emisiones exteriores, por definición de corta duración (LER), con consecuencias a largo plazo. A partir de la modelación de la progresión de estos accidentes con el código de cálculo RASCAL⁵ [4] se estima la distribución temporal y la magnitud de la actividad liberada. Por otro lado, en el Plan de Acción Nacional español [5], elaborado como consecuencia de las recomendaciones de la Comisión Europea tras las pruebas de resistencia post-Fukushima realizadas a todas las centrales nucleares [6], se establece la conveniencia de considerar emergencias de larga duración y la posibilidad de emisiones importantes (grandes liberaciones de larga duración o LLR). Así, del informe específico realizado para la CN Ascó [7] se ha seleccionado, con la colaboración de ANAV⁶ y del CSN, una secuencia accidental provocada por la pérdida total de la corriente alterna cuya situación límite conduce a una sobrepresión de la contención (escenario MA-SBO-173). La incorporación de un sistema de salvaguarda mediante venteo filtrado de la contención provocaría una emisión radiactiva prolongada en el tiempo, aunque más controlada que sin la existencia del sistema de seguridad. En este caso, la estimación cuantitativa de este TF ha sido realizado por el CSN.

Las condiciones meteorológicas se seleccionan considerando las características estacionales mostradas por la rosa de vientos anual obtenida en los estudios de evaluación de seguridad de la CN Ascó, y que pueden influir en las consecuencias a la población, ya sea por exposición directa de la contaminación depositada o por ingestión de productos contaminados a través de la cadena alimentaria. Los datos meteorológicos de

²Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. <http://www.ciemat.es/>

³Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.etsii.upm.es/>

⁴PENTA, Plan de Emergencia Nuclear, exterior a las centrales nucleares de Ascó y Vandellós, Tarragona.

⁵RASCAL, Radiological Assessment System for Consequence Analysis code.
⁶ANAV, Asociación Nuclear Ascó-Vandellós II.

la situación de interés se obtienen de los datos de pronósticos numéricos del clima del modelo HIRLAM⁷, proporcionados por la AEMET⁸ para el entorno de la CN Ascó. En su defecto, se han tomado datos de reanálisis, en formato grib1 o grib2, del proveedor mundial NOMADS⁹.

Modelado de las consecuencias del accidente

El modelado de la dispersión, depósito e impacto radiológico a través de las posibles vías de exposición se ha realizado con el sistema JRODOS¹⁰ [8]. Se trata de un sistema de apoyo para la toma de decisión (SAD), que incorpora modelos, bases de datos y conexiones on-line, que puede utilizar información en tiempo real o introducida por el usuario, para la evaluación, presentación y pronóstico de las consecuencias de una emisión radiactiva accidental a cualquier distancia y en todas las fases temporales del accidente, teniendo en cuenta el efecto de las medidas para mitigar el suceso y su potencial viabilidad técnica, económica o social. El sistema se adapta a las características del escenario incorporando datos y parámetros relacionados con la población, cobertura del suelo, producción agrícola, hábitos dietéticos, etc., a partir de mapas temáticos y de las estadísticas regionales y/o locales [9]. En el caso de la contaminación radiactiva de lagos, embalses y ríos, se utiliza el SAD MOIRA¹¹ [10], diseñado para permitir una evaluación realista del impacto radiológico, ecológico, social y económico, a medio y largo plazo, de las posibles estrategias de gestión, de forma racional y lo más completa posible. Tiene incorporado los datos y caracterización de todos los ríos españoles.

Selección y evaluación de las estrategias potenciales de intervención

Se usan manuales europeos de apoyo a la gestión para la recuperación tras accidentes radiológicos (MGLP) [11] para seleccionar las actuaciones de intervención en los sistemas de producción de alimentos, zonas urbanas o agua de bebida. La evaluación de las mismas se realiza con los modelos integrados en JRODOS, específicos para las áreas urbanas (ERMIN) y para las áreas agrícolas (AgriCP). Éstos reciben, respectivamente, información sobre la contaminación en las



Figura 1. Gráfico donde se comparan los términos fuente seleccionados por sus consecuencias exteriores, en función del porcentaje de aerosoles emitidos.

superficies de referencia urbanas o sobre la concentración en aire y/o suelo. Las áreas de interés (AOI) urbanas serán aquellas en las que los resultados de JRODOS indican que se requiere un realojo temporal o permanente de la población. Las AOI agropecuario serán aquellas en las que la concentración de actividad en algunos alimentos o piensos superan los límites de intervención establecidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La gravedad de las consecuencias exteriores se puede valorar respecto a la actividad total liberada o respecto al porcentaje de aerosoles emitidos. Se utiliza este último criterio para clasificar las categorías de liberación de acuerdo a las posibles consecuencias en el largo plazo. En la figura 1 se muestra esta clasificación para la selección de TF considerados en el estudio. Los resultados de la modelación con JRODOS indican que las LER tienen consecuencias exteriores importantes e inmediatas, que se gestionan, fundamentalmente, durante la fase de emergencia, mientras que las LLR conducen a menores dosis en el corto plazo aunque mayores implicaciones para la gestión de las consecuencias en el largo plazo. Espacialmente (Figura 2), las LER determinan escenarios con zonas de atención preferente (ZAP) para las actuaciones inmediatas asociadas al sector por donde circula el viento predominante. Su prolongación en la zona de planificación II, identifica dónde habrá que implementar medidas de larga duración (MLP). Sin embargo, en el caso de las LLR, el viento puede ir cambiando de dirección dando lugar a escenarios en los que se vean afectados la mayoría

⁷HIRLAM, High Resolution Limited Area Model.

⁸AEMET, Agencia Estatal de Meteorología.

⁹NOAA National Operational Model Archive & Distribution System. <http://nomads.ncdc.noaa.gov/data.php?name=provider>

¹⁰JRODOS, Real-time On-line DecisiOn Support system, en su versión actualizada en JAVA.

¹¹MOIRA, MOdel-Based Computerised System for Management Support to Identify Optimal Remedial Strategies for Restoring Radionuclide Contaminated Aquatic Ecosystems and Drainage Areas.

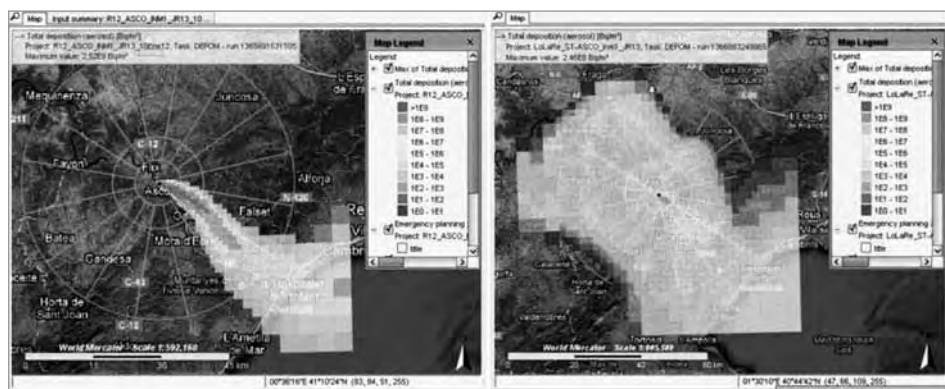
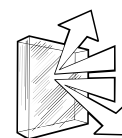


Figura 2. Comparación de términos fuente: Mapas de depósito total de aerosoles [Bq/m²] para dos situaciones de liberación ocurridas en la misma fecha (10 Enero 2012). Izquierda., escenario LER derivado de un ISLOCA. Derecha., escenario LLR derivado del suceso MA-SBO-173.

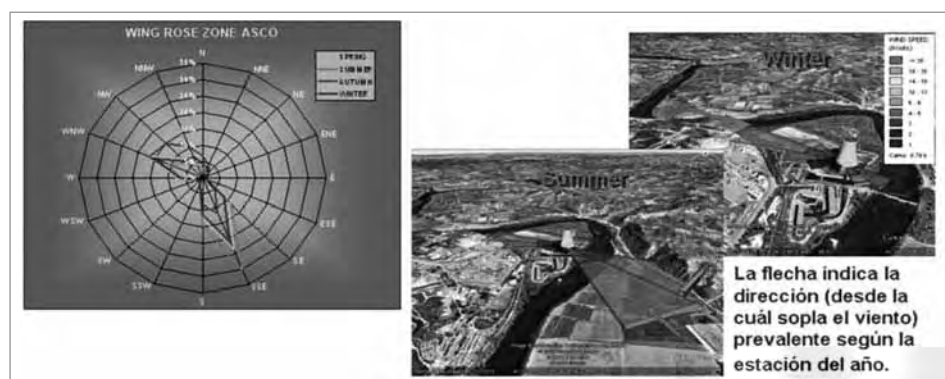


Figura 3. Rosa de los vientos estacional representativa del entorno de CN Ascó. A la derecha, se representan las direcciones y velocidades del viento en situaciones típicas de las estaciones de verano e invierno.

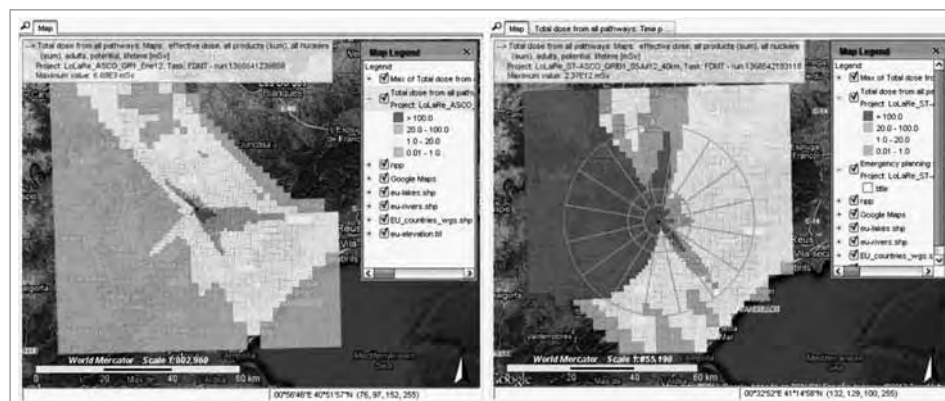


Figura 4. Comparación del impacto radiológico a largo plazo de acuerdo a la escala de niveles de referencia de la ICRP [12]. Dosis total comprometida a toda la vida en adultos por todas las vías de exposición [mSv] para el escenario de invierno (izquierda) y escenario de verano (derecha).

de los sectores de planificación, con lo que la identificación de las ZAP y las MLP es más complicada.

Respecto a las condiciones meteorológicas, los resultados del estudio (Figura 3) muestran una fuerte influencia direccional de la topografía, con vientos prevalentes alineados

claramente con el eje del valle. La mayor frecuencia de vientos durante el año (19,17%) se da en la dirección sur-sureste (SSE), seguida por la dirección oeste-noroeste (WNW) (15,06%). Por estaciones, durante el verano se dan vientos provenientes del S y SSE con mayor frecuencia que en otras direcciones (44%); las zonas más afectadas se situarán, preferentemente, hacia el NNW de la central, aunque como el río Ebro se puede ver contaminado, el transporte por el mismo acabará afectando también a los terrenos situados río abajo. Este escenario sería el más interesante para estudiar la exposición a través de la cadena alimentaria. Por contra, durante el invierno, los vientos dominantes provienen de direcciones situadas en el cuarto cuadrante, entre W y NNW (36%); las zonas más afectadas se situarán hacia el ESE, en un sector con concentración de poblaciones que lo hace adecuado para estudiar la exposición directa y especialmente, la afectación de las áreas urbanas.

Los resultados de la modelización con JRODOS cuantifican la magnitud del depósito y el impacto radiológico inicial y a largo plazo sobre la población. La comparación con los correspondientes criterios de protección radiológica permite identificar las zonas susceptibles de actuaciones preventivas y de intervención a largo plazo (Figura 4). La selección, aplicación y respuesta de las posibles estrategias de actuación se realiza de acuerdo a los principios de justificación y optimización [12] con la pretensión de disminuir progresivamente las dosis residuales, acortando tiempo y con el menor coste posible, hacia un nivel de referencia aceptable (p.e, el establecido

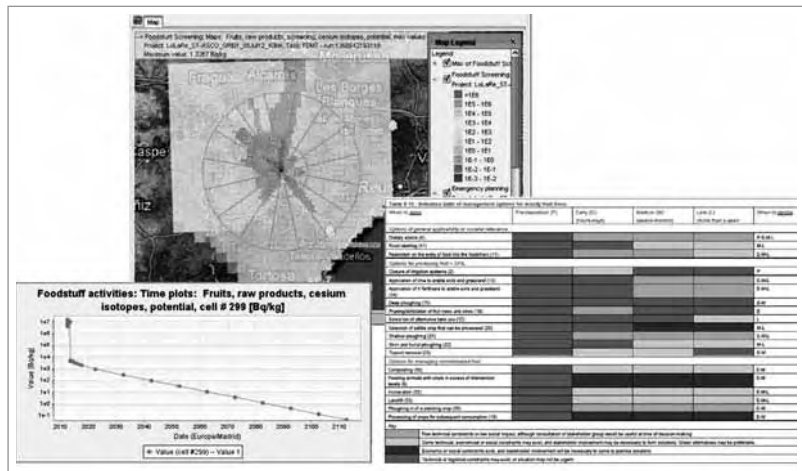


Figura 5. Mapa con la zona de interés de actuación para las frutales en términos de concentración de actividad [Bq/Kg] y evolución temporal de la concentración en la celda con el valor máximo. A la derecha tabla de selección de las posibles actuaciones, extraída del MGLP para el medio rural.

para la exposición del público en general (< 1 mSv)). En la figura 5 se presenta un ejemplo de la zona de interés de actuación y evolución temporal de la contaminación en un producto agrícola, así como las posibles estrategias que ofrece para ese caso el MGLP.

CONCLUSIONES

La sistemática presentada diferencia las condiciones ambientales y el tipo y magnitud del término fuente como variables en el proceso de selección del escenario, permitiendo establecer situaciones típicas o extremas, dependiendo de los objetivos finales que se quieran conseguir. La modelación con JRODOS y MOIRA proporciona un amplio abanico de resultados según la fase del accidente que se considere y las vías de exposición más relevantes para el caso bajo estudio. Con los MGLP y los módulos ERMIN y AgriCP se seleccionan y evalúan las posibles actuaciones correctoras en los diferentes medios a gestionar en el largo plazo, zonas urbanas, áreas agrícolas o suministro de agua potable. Con todos estos elementos se dispondrá, al final, de un escenario sobre el que realizar un análisis completo y discusión de las amenazas, la sensibilidad de la zona, las alternativas de mitigación de los impactos y su factibilidad y efectividad en el marco del ejercicio NERIS-2013/PENTA.

En definitiva, con una adecuada selección de los escenarios de evaluación y la realización de ejercicios de situación, como el planteado en este trabajo, se podrá avanzar en el establecimiento e implantación de una metodología útil para la preparación local a la respuesta y recuperación tras una emergencia nuclear. Finalmente, las conclusiones obtenidas del ejercicio ayudarán, también, a aclarar las funciones y responsabilidades, además de mejorar la cooperación, dentro de cada nivel y a lo largo de la cadena nacional > regional > municipal-local involucrada en este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está parcialmente financiado a través del 7º Programa Marco de la Comisión Europea (Programa específico de Fisión Nuclear, Seguridad y Protección Radiológica), bajo el proyecto NERIS-TP (*Towards a self-sustaining European Technology Platform (NERIS-TP) on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery*) No. 269718. Los autores agradecen, especialmente, la colaboración del CSN y de la Subdelegación del Gobierno en Tarragona para desarrollar e implantar la metodología propuesta en el marco del PENTA y la disposición de ANAV para proporcionar los datos e información de la CN de Ascó utilizados en el desarrollo del escenario de evaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Ministerio del Interior. Plan Básico de Emergencia Nuclear. Real Decreto 1546/2004. Boletín Oficial del Estado, núm 169, 14 de Julio de 2004. Versión vigente revisada 18 Septiembre 2011.
- [2]. Ministerio del Interior. Plan Director correspondiente al Plan de Emergencia Nuclear, exterior a las centrales nucleares de Ascó y Vandellós, Tarragona (PENTA). Resolución de 20 de octubre de 2009. BOE, núm. 271, 10 Noviembre 2009.
- [3]. Consejo de Seguridad Nuclear. Evaluación del nivel 2 del Análisis Probabilista de Seguridad de la Central Nuclear de Ascó. Colección Otros Documentos. ODE-04.16. CSN, 2002.
- [4]. McGuire, S. A.; Ramsdell, J. V. and Athey, G. F. Rascal 3.0.5: Description of Models and Methods. NUREG-1887, 2007. Available at: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1887/sr1887.pdf>
- [5]. Consejo de Seguridad Nuclear. Post-Fukushima European Action Plan. Spain National Action Plan. CSN, December 2012.
- [6]. European Commission. Technical summary on the implementation of comprehensive risk and safety assessments of nuclear power plants in the European Union. Commission staff working document accompanying the document "Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the comprehensive risk and safety assessments ("stress tests") of nuclear power plants in the European Union and related activities". SWD(2012) 287 final. Brussels, 4 October 2012.
- [7]. ANAV. Informe Final de las Pruebas de Resistencia. C.N. Ascó I y II. ANAV, Octubre 2011.
- [8]. Ehrhardt, J.; Weis, A. (eds). RODOS: Decision support system for off-site nuclear emergency management in Europe. European Commission, Brussels, Report EUR 19144. 2000.
- [9]. Montero Prieto, M., Dvorzhak, A., Acero, A., Gallego Díaz, E. El sistema JRODOS: una herramienta moderna y eficaz para la gestión y preparación de emergencias nucleares y radiológicas y la rehabilitación: Implementación en España. XVIII Congreso Nacional de SEFM/XIII Congreso Nacional de SEPR, Sevilla 10-13 mayo 2011. Libro de comunicaciones, pp. 575-587. SEPR-SEFM, 2012.
- [10]. Ríos Insua, D.; Gallego, E.; Mateos, A.; Ríos-Insua, S. MOIRA: A decision support system for decision making on aquatic ecosystems contaminated by radioactive fallout. Annals of Operations Research 2000, Vol 95, Issue 1-4, pp 341-364.
- [11]. European Commission. EURANOS. Recovery handbooks for radiation incidents: Food production systems; Inhabited areas and Drinking water supplies. Report EUR 24457 EN. European Union, 2010.
- [12]. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

PUBLICACIONES

Despedimos el año 2013 con la nueva Directiva Europea de Protección Radiológica aprobada por el Consejo y pendiente de publicación. Se trata de un documento en el que se establecen las normas básicas de seguridad para la protección contra los peligros derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, y por las que se derogan las Directivas 89/618/Euratom y 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom. El anuncio de su aprobación y la descarga del texto definitivo se puede descargar a través del siguiente link:

www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/trans/139914.pdf

Publicaciones IAEA

Climate Change and Nuclear Power. 2013

International Atomic Energy Agency. VIENNA, 2013

Este informe resume el papel potencial que la energía nuclear tiene en la suavización del cambio climático global y su posible contribución para permitir un desarrollo que respete los actuales problemas medioambientales. Comienza presentando los desafíos del cambio climático y postula la necesidad del uso de la energía nuclear para resolverlos. Además, incide en que la energía nuclear resuelve gran parte de las preocupaciones actuales en el suministro de combustibles fósiles y reduce problemas de contaminación del aire, locales y regionales. Se lleva a cabo un estudio de eficiencia económica y se analiza la viabilidad en términos de disponibilidad futura del uranio frente a la de otros combustibles fósiles como el carbón. El capítulo 5 se dedica a los esfuerzos por resolver las inquietudes en materia de seguridad, riesgos y residuos que esta clase de energía suele suscitar. Finalmente, se mira al futuro, con la presentación de las últimas proyecciones de la OIEA en materia de uso y desarrollo de la energía nuclear, así como de futuros avances tecnológicos que mejorarán aún más el rendimiento y la seguridad de las centrales nucleares.

Descargable gratuitamente en:

www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub_Climate-Change-NP2013_web.pdf



Publicaciones ICRU

ICRU Report 87: Radiation Dosimetry and Image Quality Assessment in Computed Tomography (ICRU 87)

La consideración de incertidumbres en las dosis puede proporcionar estimaciones numéricas de la fiabilidad de los coeficientes de dosis usados en protección radiológica para evaluar exposiciones a radionucleidos incorporados al organismo por ingestión o por inhalación (emisores internos).

Esta publicación revisa el sistema actual de Protección radiológica de la ICRP ante este tipo de exposiciones y clarifica el

- significado del término "fiabilidad". Para ello los autores determinan la fiabilidad de los coeficientes de dosis efectiva considerando incertidumbres en parámetros biocinéticos, dosimétricos y factores de riesgo. Por ejemplo, establece incertidumbres en los modelos biocinéticos que se usan para calcular la retención y la excreción de radionucleidos en el cuerpo, lo cual permite establecer también incertidumbres en las distribuciones de dosis efectivas por unidad de actividad incorporada.

ICRU (*International Commission on Radiation Units and Measurements*)
Oxford University Press

ISSN: 1473-6691 (impreso)

ISSN: 1742-3422 (online)



Publicaciones CSN

MCA-01.13 Palomares.

En el camino de la normalización radiológica

- La presente publicación monográfica divulgativa tiene por objetivo informar a la población sobre la evolución temporal y las consecuencias derivadas de la contaminación radiactiva ocasionada por el accidente, ocurrido hace más de 40 años en Palomares (Almería), y contribuir a la divulgación de la información disponible sobre este tema. El presente documento aborda, cronológicamente, tanto la secuencia de eventos de 1966, como las actuaciones derivadas del cambio socioeconómico de los años 90.

- A lo largo de la exposición se explica la ejecución del Proyecto Indalo y el PIEM-VR de Palomares. Se hace especial énfasis en los resultados de ambos estudios y en las decisiones posteriores que motivaron. Hasta la fecha, los programas de vigilancia no han mostrado la existencia de morbilidad inducida por la contaminación y no hay ninguna evidencia de patologías causadas por el accidente.

Disponible en :

www.csn.es/images/stories/publicaciones/otras_publicaciones/monografias_comite_asesor/palomares_web.pdf



CONVOCATORIAS 2014

“más información en www.sepr.es”

FEBRERO

- **EURADOS Annual Meeting 2014 (AM 2014)**
Del 10 al 13 de febrero de 2014 en Budapest (Hungría)
Más información: www.eurados.org
- **IEM6 on Radiation Protection after the Fukushima Daiichi Accident**
Del 17 al 21 de febrero de 2014 en Viena (Austria).
Más información: www.pub.iaea.org/iaeaemeetings/46522/International-Experts-Meeting-on-Radiation-Protection-after-the-Fukushima-Daiichi-Accident
- **Jornada: ¿Estamos preparados en Europa para un accidente radiológico a gran escala?**
26 de febrero de 2014 en Valencia. Más información: www.sepr.es
- **4º Congreso Nacional de Técnicos Superiores en Imagen para el Radiodiagnóstico**
Del 28 de febrero al 1 de marzo de 2014 en Barcelona.
Más información: www.geyseco.es/actedi/

ABRIL

- **ISSSD2014 - XIV International Symposium on Solid State Dosimetry**
Del 13 al 16 de abril de 2014 en Cuzco (Perú).
Más información: www.issd.com.mx/

MAYO

- **17th Radiochemical Conference**
Del 11 al 16 de mayo de 2014 en Mariánské Lázně (República Checa).
Más información: www.radchem.cz
- **XII Congreso Argentino de Física Médica, I Congreso Física Médica de las Américas y I Congreso de Medicina Nuclear y Diagnóstico por Imágenes**
Del 18 al 21 de mayo de 2014 en Buenos Aires (Argentina).
Más información: www.congresosafim-aatmn.org.ar/index.php
- **RAD 2014 - Second International Conference on Radiation and Dosimetry in Various Fields of Research**
Del 27 al 30 de mayo de 2014 en Nis (Serbia).
Más información: www.rad2014.elfak.rs/
- **International Conference on Radiation Protection in Medicine (RPM2014)**
Del 30 de mayo al 2 de junio de 2014 en Varna (Bulgaria).
Más información: <http://rpm2014.org>

CURSOS 2014

MARZO

Cursos de formación para operar instalaciones de radiodiagnóstico médico general (Proinsa)

Organizado por: Proinsa.

Fechas y horario: dos convocatorias en 2014, del 10 al 14 de marzo y del 22 al 26 de septiembre. Horario de 9:00 a 15:00.

Lugar: Eulen. Delegación Madrid. C/ Valle de Tobalina, 56 (Metro y tren de cercanías Villaverde Alto). 28021 Madrid.

Titulación exigida: BUP, FP-II o equivalente.

Curso de formación para supervisores de instalaciones radiactivas (Universidad Santiago Compostela)

Homologado por: el CSN y organizado por el Servicio de Protección Radiológica de la Universidad de Santiago de Compostela.

Fechas y lugar: del 10 al 21 de marzo de 2014 en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Santiago de Compostela.

Objetivos: dirigido a aquellas personas que deseen adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para solicitar la licencia reglamentaria imprescindible para trabajar en instalaciones radiactivas.

Requisitos: para realizar el curso se deberá acreditar estar en posesión de una titulación universitaria de grado medio o superior homologada en España.

Preparedness and response for nuclear and radiological emergencies (SCK•CEN's Academy for Nuclear Science and Technology)

Organizado por: la SCK•CEN's Academy for Nuclear Science and Technology, en el marco de la plataforma europea NERIS (emergency and post-accident preparedness and response).

Fechas y lugar: del 17 al 21 de marzo de 2014 en Meeting room GKD - emergency room Boeretang 200, 2400 Mol, Bélgica.

Objetivos: el curso se centra en las fases iniciales e intermedias después de un accidente nuclear o radiológico. Aborda el estado del arte en materia nuclear y radiológica incluyendo las últimas recomendaciones internacionales en la gestión de situaciones de emergencia, las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima, así como los problemas pendientes derivados de este accidente.

Dirigido a: asesores en radioprotección, personal responsable de la organización de emergencias, personal de protección civil, de protección del medio ambiente y unidades NBO.

Más información: Para mayor información se adjunta página web del curso: http://academy.sckcen.be/en/Customised_trainings/Calendar/Preparedness-and-response-for-nuclear-and-radiological-emergencies-20140317-20140321-be2ad2f3a-6d2e211aa7500155d010700?leftmainmenu=11

Curso de formación para operadores de instalaciones radiactivas (Universidad Santiago de Compostela)

Homologado por: el CSN y organizado por el Servicio de Protección Radiológica de la Universidad de Santiago de Compostela.

Fechas y lugar: del 31 de marzo al 10 de abril de 2014 en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Santiago de Compostela.

Objetivos: dirigido a aquellas personas que deseen adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para solicitar la licencia reglamentaria imprescindible para trabajar en instalaciones radiactivas.

Requisitos: para realizar el curso se deberá acreditar estar en posesión del título de Educación Primaria o equivalente como mínimo.

ABRIL

Radiological Protection of the Environment Training Course (Centre for Ecology and Hydrology -CHE-)

Organizado por: el CHE Lancaster como parte del proyecto STAR (Strategy for Allied Radioecology).

Fechas y lugar: CEH Lancaster (Reino Unido) del 1 al 4 de abril de 2014.

Objetivos: El curso se ha estructurado de forma que el primer día se proporciona una base y los días segundo y tercero se tratan los contenidos con mayor profundidad. Los objetivos son: asegurar que los participantes se familiaricen con los objetivos de la evaluación, ofrecer conocimientos básicos sobre los procesos de transferencia de los radionucleidos, de la dosimetría y de los efectos de las radiaciones, dar a conocer como se usan las herramientas disponibles y como se interpreta sus resultados y, finalmente, que los participantes comprendan las implicaciones del uso de dichas herramientas.

Más información: página web de contacto: <https://wiki.ceh.ac.uk/display/star/Professional+development+courses>

JUNIO

Cursos de capacitación para supervisores de instalaciones radiactivas año 2014 (INTE)

Organizado por: cursos organizados por el Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Hospital Clínic i Provincial de Barcelona conjuntamente con el Hospital de la Sta. Creu i St. Pau de Barcelona, la Sección de Ingeniería Nuclear del Departamento de Física e Ingeniería Nuclear de la UPC y el Instituto de Investigaciones Biomédicas de Barcelona (IIBB-CSIC).

Fechas: del 10 al 20 de junio de 2014

Homologado por: Cursos homologados por el Consejo de Seguridad Nuclear. De acuerdo con la normativa vigente, para realizar el curso de supervisores es necesario disponer de titulación universitaria.

Más información: página web del curso: <http://inte.upc.edu/>

Índice de RADIOPROTECCIÓN 2013

Artículos

AUTORES	TÍTULO ARTÍCULO	EDICIÓN
E. CHAMIZO; J.M. LÓPEZ GUTIÉRREZ; J.M. GÓMEZ GUZMÁN; F.J. SANTOS; M. GARCÍA LEÓN Y R. GARCÍA TENORIO	Estudios radioecológicos en el Centro Nacional de Aceleradores basados en el uso de la Espectrometría de Masas con Acelerador (AMS).	nº74 Vol XX 2013
L. M ^a RAMOS	Las Jornadas de Calidad en el control de la radiactividad ambiental y su papel en los programas de vigilancia	Nº74 Vol XX 2013
J. GUTIERREZ, B. ROBLES, A. REAL Y J. C. MORA	Síntesis histórica de las actividades desarrolladas en el Ciemat en el campo de la radioecología.	Nº74 Vol XX 2013
T.G. HINTON; J. GARNIER; H. VANDENHOVE; M. DOWDALL; C. ADAM GUILLERMIN; F. ALONZO; C. BARNET; K. BEAUGELIN SEILER; N.A. BERESFORD; C. BRADSHAW; J. BROWN; F. EYROLLE; L. FEVRIER; J.C. GARIEL; R. GILBIN, T. HERTEL AAS; N. HAREMANS; B.J. HOWARD; T. IKÁHEIRMONEN; J.C. MORA, D. OUGHTON; A. REAL; B. SALBU, M. SIMON CARNU; M. STEINER; L. SWEECK Y J. VIVES I BATLE	Una invitación para contribuir a la agenda estratégica de investigación en radioecología.	Nº74 Vol XX 2013
M ^a D. VICENT; M.J. FERNÁNDEZ; C.OLMOS; B. ISIDORO; M ^a L. ESPAÑA Y L. ARRANZ	Formación en protección radiológica de residentes.	Nº75 Vol. XX 2013
H.J. CALVETE; J.A. CARRIÓN; C. GALÉ; B. GARCÍA; E., GARCÍA; R. NÚÑEZ LAGOS; C. PÉREZ; J. PUIMEDÓN; S. RODRÍGUEZ; P. SÁNCHEZ; M.L. SARSA; J.A. VILLAR Y A. VIRTO	Elaboración de un mapa de radiación ambiental en Aragón.	Nº75 Vol. XX 2013
J.F. NAVARRO; B. PÉREZ; M.A. LÓPEZ; T. NAVARRO; I. AMOR; M.L. TORMO; I.SIERRA Y C. HERNÁNDEZ	Aplicación de la Norma ISO 28218 a la intercomparación nacional de contadores de radiactividad corporal de las centrales nucleares españolas y Tecnatom.	Nº75 Vol. XX 2013
M. GARCÍA TALAVERA; J.L. M. MATARRANZ; R. SALAS; M.T. SANZ Y L. RAMOS	Avances reguladores en el control de la exposición al radón en España.	Nº75 Vol. XX 2013
J. QUIÑONES Y E. GARCÍA	La experiencia nacional en desmantelamiento: Plan Integrado de mejora de instalaciones en Ciemat	Nº76 Vol. XX 2013
M. RODRÍGUEZ Y M. ONDANO	La experiencia nacional en desmantelamiento: el desmantelamiento de la Central Nuclear José Cabrera.	Nº76 Vol. XX 2013
A. RODRÍGUEZ Y C. PÉREZ ESTÉVEZ	La experiencia nacional en desmantelamiento. El desmantelamiento de la C.N. Vandellós I: seguridad y transparencia.	Nº76 Vol. XX 2013
M ^a T. ORTIZ, Ó. GONZÁLEZ Y J. CAMPOS	La protección radiológica en los desmantelamientos.	Nº76 Vol. XX 2013
J. L. SANTIAGO; N. MARTÍN Y C. CORREA	Marco general y bases de los desmantelamientos de las instalaciones nucleares.	Nº76 Vol. XX 2013
MANUEL ONDANO Y CRISTINA CORREA	Marco normativo y licenciamiento del desmantelamiento: La visión del titular.	Nº76 Vol. XX 2013
J. L. REVILLA, S. SOLÍS Y E. ESPAÑA	Marco normativo y licenciamiento del desmantelamiento: La visión del regulador.	Nº76 Vol. XX 2013

Entrevistas

ENTREVISTADO	CARGO	EDICIÓN
FRANÇOIS BRÉCHIGNAC	Presidente de la Unión Internacional de Radiología (IUR)	Nº74 Vol XX 2013
MARISA ESPAÑA Y EDUARDO GALLEGU	Presidentes entrante y saliente de la SEPR	Nº75 Vol XX 2013
LUCILA RAMOS, VÍCTOR SOLA Y ALEJANDRO RODRÍGUEZ	Subdirectora de Protección Radiológica Ambiental del CSN; Director Nuclear de Gas Natural Fenosa y Director de Operaciones de Enresa	Nº76 Vol XX 2013

Socios colaboradores de la SEPR

