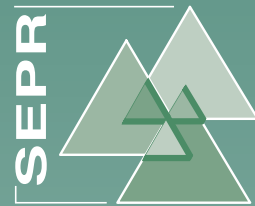


# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## RADIATIVIDAD AMBIENTAL



Nº 65 • Vol. XVII • 2010

### ▲ **Entrevista:**

#### **Lucila Ramos**

*Subdirectora General de Protección Radiológica Ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear*

- ▲ **Requisitos de Euratom con respecto a la vigilancia radiológica ambiental y revisión de las Normas Básicas de Seguridad**
- ▲ **Contenido de las sextas jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental**
- ▲ **Control de calidad en los laboratorios de medida de radiactividad**
- ▲ **El  $^{210}\text{Po}$  en la cadena alimenticia humana**

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

## Directora

Beatriz Robles

## Coordinadora

Ángeles Sánchez

## Comité de Redacción

Borja Bravo

Teresa Durán

Cristina Garrido

Rosa Gilarranz

José Gutiérrez

Teresa Navarro

Lola Patiño

Matilde Pelegrí

Pedro Ruiz

Inmaculada Sierra

M<sup>a</sup> Luisa Tormo

Ángeles Trillo

Fernando Usera

## Coordinador de la página electrónica

Juan Carlos Mora

## Comité Científico

Presidente: José Gutiérrez

David Cancio, Luis Corpas, Felipe Cortés,

Eugenio Gil, Luciano González, Araceli

Hernández, José Hernández-Armas,

Ignacio Hernando, Rafael Herranz,

Pablo Jiménez, Juan Carlos Lentijo,

Xavier Ortega, Pedro Ortiz, Teresa Ortiz,

Turiano Picazo, Rafael Puchal,

Luis Quindós, Rafael Ruiz Cruces,

Guillermo Sánchez, Eduardo Sollet,

Luis M. Tobajas, Alejandro Ubeda,

Eliseo Vañó.

## 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 compartan necesariamente.



EDICIÓN OCTUBRE 2010

## S U M A R I O

- Editorial **3**
- Entrevista **4**
  - Lucila Ramos  
*Subdirectora General de Protección Radiológica Ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear*
- Noticias **11**
  - de la SEPR 11
  - de España 51
  - del Mundo 54
- Colaboraciones **21**
  - Requisitos de Euratom con respecto a la vigilancia radiológica ambiental y revisión de las Normas Básicas de Seguridad Augustin Janssens 21
  - Contenido de las sextas jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental Antonio Salvador Baeza Espasa 29
  - Control de calidad en los laboratorios de medida de radiactividad Fernando Legarda Ibañez, Rafael García-Tenorio García-Balmaseda, Rafael Núñez Lagos 37
  - El <sup>210</sup>Po en la cadena alimenticia humana Inmaculada Díaz-Francis 42
- Proyectos de Investigación **58**
- Publicaciones **58**
- Convocatorias y Cursos **60**

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

# Editorial

No es casualidad que este último número monográfico del año 2010 se haya decidido dedicarlo a la Radiactividad Ambiental ya que su aparición es muy cercana en el tiempo a la realización de una de las actividades en las cuales colabora la SEPR, las VI Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental, que en esta edición se han celebrado en Cáceres. En ellas, y con periodicidad bienal, es donde el sector que trabaja en el campo de la medida y control de la radiactividad ambiental, expone el estado actual de su nivel de desarrollo, plantea sus problemas y aporta soluciones; por lo tanto, es un marco adecuado para tomar el pulso a un sector muy dinámico con grandes puntos comunes con la Protección Radiológica.

Con este motivo, en este monográfico se pretende presentar a la comunidad profesional que trabaja en Protección Radiológica, cuál es el alcance de los retos que se le plantean a este sector en el momento actual, así como sus oportunidades de avance y evolución.

Por ello, la primera contribución en este monográfico es una entrevista con Lucila Ramos, en la cual se destaca el avanzado estado de desarrollo e implementación que tienen los programas de la vigilancia radiológica en España, su posición a nivel internacional y el papel decisivo que juega el CSN en ello. También analiza la situación de la investigación en este campo, exponiendo las líneas de investigación prioritarias y los marcos de financiación nacional e internacional, para terminar con una descripción y valoración de las Jornadas de Calidad y el papel que las asociaciones profesionales del sector juegan en ellas.

Augustin Janssens, de la Dirección General de la Energía de la Comisión Europea, analiza en un detallado artículo los requerimientos de Euratom con respecto al control de la radiactividad ambiental y cómo la nueva ICRP 103 ha promovido la revisión de las Basic Safety Standards, donde se incluye el control de las fuentes naturales de radiación, entre las cuales hay que contemplar a las industrias NORM, y el impacto sobre las especies no humanas. Este tema tiene una importancia fundamental para todos aquellos involucrados en el control de la radiactividad, puesto que de alguna manera señala cuales van a ser las líneas de I+D en esta área para los próximos años.

A continuación, tres directores de laboratorios de medida de radiactividad ambiental, Fernando Legarda, Rafael García-Tenorio y Rafael Núñez-Lagos, realizan una serie de puntualizaciones sobre un tema que en estos momentos está de máxima actualidad en los laboratorios: el control de calidad sobre las determinaciones que se realizan, poniendo de manifiesto su más que evidente importancia y necesidad e incidiendo asimismo en qué implica y qué requerimientos adicionales supone el tener o no un reconocimiento externo frente a terceros y, en qué situaciones este reconocimiento se puede necesitar.

Antonio Baeza, como presidente del comité organizador de esta edición de las Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental, hace una breve valoración de lo que éstas han supuesto desde el punto de vista técnico-científico. Dado que las Jornadas se estructuran en una serie de mesas redondas donde las distintas partes interesadas en el tema exponen sus puntos de vista, intentan aportar soluciones a los problemas planteados y, en su caso, se proponen acciones a más largo plazo; un análisis de lo allí sucedido permite saber cuál es el estado actual del sector.

Las contribuciones a este número se cierran con un artículo puramente técnico como es el análisis del  $^{210}\text{Po}$  en la cadena alimenticia humana, realizado por Inmaculada Díaz-Francés. Este trabajo se presentó en las antedichas Jornadas, en la sección de Jóvenes Investigadores y por su calidad y su temática, se pensó que podría ser de interés para un público más amplio que el presente en Cáceres, como es el que lee esta revista. En este trabajo se evalúa la contribución del  $^{210}\text{Po}$  a las dosis recibidas por una población específica, como es la sevillana, debido al consumo de aguas embotelladas y a los hábitos alimenticios.

Este número se completa con las habituales secciones de la revista.

Los trabajos aquí presentados para este número monográfico no pretenden ser de ninguna manera una recopilación exhaustiva del estado del arte ni de las expectativas y los retos de futuro del sistema de control de la radiactividad ambiental, uno de cuyos actores son los laboratorios de medida de la radiactividad, pero considero que cada uno de ellos muestran, desde diferentes puntos de vista, cuál es el presente y el posible futuro de este sector.

Margarita Herranz  
Coordinadora del monográfico sobre Radiactividad Ambiental



## Secretaría Técnica

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

## Junta Directiva

Presidente: Pío Carmena  
Vicepresidenta: M<sup>ª</sup> Luisa España  
Secretaría General: M<sup>ª</sup> Teresa Macías  
Tesorero: Alejandro Úbeda  
Vocales: Carmen Álvarez, M<sup>ª</sup> Ángeles García,  
Óscar González, Teresa Navarro, Pedro Ruiz,  
Ricardo Torres

## Comisión de Actividades Científicas

Presidenta: M<sup>ª</sup> Luisa España  
Secretaria: Isabel Villanueva  
Vocales: Josep Baró, Francisco Carreras,  
Francisco García, Margarita Herranz,  
M<sup>ª</sup> Luisa Marco, Beatriz Robles,  
Carmen Rueda, Guillermo Sánchez de León,  
Ricardo Torres, Alejandro Úbeda, Rosa Villarreal

## Comisión de Publicaciones

Presidenta: Teresa Navarro  
Secretaria: Beatriz Robles  
Vocales: Juan Carlos Mora, José Gutiérrez

## Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidente: Alejandro Úbeda  
Vicepresidenta: M<sup>ª</sup> Luisa España  
Vocales: Cristina Correa, Eduardo Gallego,  
M<sup>ª</sup> Jesús Muñoz, M<sup>ª</sup> Teresa Ortiz,  
Beatriz Robles, Carmen Vallejo

## Comisión de Asuntos Institucionales

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

# LUCILA RAMOS

## Subdirectora General de Protección Radiológica Ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear



### OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO DE LA RADIATIVIDAD AMBIENTAL

Cuando se habla de "radiactividad ambiental", se suele hacer más referencia a los niveles de radiactividad, y a los procesos y técnicas necesarios para su medida, que a su significado en términos de protección radiológica del público y del medio ambiente.

¿Cuáles son, en su opinión, el alcance, los aspectos más relevantes y el objetivo último del estudio de la radiactividad ambiental?

La magnitud de los niveles ambientales de radiactividad determina tanto su significado en términos de protección radiológica como la problemática asociada a su determinación, de ahí la

referencia frecuente a los procesos y técnicas necesarias para su medida.

En algunos casos, como ocurre con la radiación gamma ambiental, su determinación no plantea mayores dificultades, aunque es necesario establecer procedimientos que aseguren una adecuada consideración de todos los factores que pueden afectar al resultado final. Las concentraciones en el medio ambiente de los isótopos radiactivos de origen artificial son generalmente muy bajas, siendo necesario recurrir a grandes volúmenes de muestra y elevados tiempos de medida para alcanzar valores inferiores a los umbrales de detección conseguidos con las técnicas habituales. Los isótopos de origen natural, emisores alfa fundamentalmente, se pueden en-

contrar en cantidades superiores, pero su determinación presenta una dificultad intrínseca, que requiere a menudo separación radioquímica previa.

En España la dosis media estimada para la radiación natural es del orden de 2,5 mSv/a, y la dosis debida a los vertidos de las instalaciones nucleares están en torno a 1µSv/a. Hablamos, por tanto, de valores que no tienen significación radiológica.

El estudio de la radiactividad ambiental se realiza fundamentalmente para conocer los valores habituales y detectar posibles incrementos, a fin de determinar su origen y establecer medidas de protección del público y el medio ambiente si fuera necesario.

### EL CONTROL DE LA RADIATIVIDAD AMBIENTAL

¿Cuáles son los principales planes de control existentes en España?

En España se han establecido diversos sistemas de vigilancia. En estos sistemas se superponen, complementándose, diferentes tipos de redes en varios niveles, que van desde la escala nacional a la local, en aquellos municipios donde existen instalaciones nucleares o radiactivas de una cierta entidad. Los dos primeros niveles se centran en la vigilancia radiológica del aire, vía primaria de transferencia de los contaminantes radiactivos en el medio ambiente; en los demás niveles se vigilan además otras vías de transferencia, tanto primarias (aire y aguas continentales y costeras) como secundarias (suelos, sedimentos, cultivos, diferentes tipos de alimentos, etc.).



Las redes presentan características particulares acordes con sus objetivos específicos; así, las redes establecidas para alertar en caso de un accidente nuclear tienen una mayor densidad de puntos, vigilan principalmente el aire como vía primaria de transferencia de los contaminantes radiactivos, disponen de equipos automáticos y miden generalmente tasa de dosis. Sin embargo, cuando se trata de determinar el impacto radiológico a la población en condiciones normales, se vigilan todas las posibles vías de transferencia y se toman muestras para su análisis posterior en un laboratorio de medida de bajos niveles de radiactividad.

En la actualidad existen en España tres redes de ámbito nacional y financiación pública y una red operada por los titulares de las instalaciones en el entorno de estas. Algunas comunidades autónomas han establecido también redes de vigilancia propia. Las redes aportan información complementaria, que es conocida y coordinada por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Entre las redes nacionales se encuentra la *Red de Alerta a la Radiactividad*, establecida y gestionada por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, y ligada a la vigilancia en caso de accidente; cuenta con unas 900 estaciones automáticas que miden en tiempo real los niveles de tasa de dosis gamma en aire y se encuentran distribuidas de forma uniforme en todo el territorio nacional, aunque tiene una mayor densidad en las fronteras y en los emplazamientos nucleares.

El CSN implantó en 1992 un sistema nacional de redes de vigilancia (Revira), integrado por una Red de Estaciones Automáticas, conocida como REA y una Red de Estaciones de Muestreo, denominada REM. La REA está ligada también a la vigilancia en condiciones



accidentales y cuenta con 25 estaciones que miden en tiempo real tasa de dosis gamma y concentraciones de radón, radioyodos y emisores alfa y beta en aire.

En la REM se desarrollan programas de vigilancia, en los que se recogen, para su análisis posterior, diversos tipos de muestras en las principales vías de transferencia de los contaminantes radiactivos al hombre, vigilándose además de la atmósfera, las aguas continentales y costeras, los suelos, el agua de bebida y los alimentos. Las muestras recogidas, tras un proceso de preparación adecuado, se analizan en laboratorios de medida de bajos niveles de actividad, lo que permite obtener límites de detección inferiores a los alcanzados con los equipos automáticos. Esta vigilancia se establece para valorar la situación radiológica del territorio y estimar el impacto sobre la población en situación normal, aunque su infraestructura puede ser utilizada en caso de accidente.

En el desarrollo de los programas de la REM colaboran con el CSN, 21

laboratorios de medida de la radiactividad ambiental, pertenecientes a 19 universidades, al Cedex y al Ciemat.

Las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña, Extremadura y el País Vasco disponen también de redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental con estaciones similares a las del CSN. El Consejo recibe los datos de estas redes, en el marco de acuerdos de colaboración con las comunidades respectivas, ampliando así la cobertura de la REA. Algunas comunidades han implantado también programas de muestreo y análisis.

Por último, para efectuar un seguimiento de los vertidos líquidos y gaseosos realizados por las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible, sus titulares tienen implantadas redes de vigilancia; estas redes tienen un carácter local, presentan una gran densidad de puntos de muestreo y un elevado número de muestras debido al número de vías vigiladas y a la frecuencia de muestreo, acordes a sus objetivos.



### ¿Cómo han evolucionado las redes de vigilancia radiológica instaladas en España?

Los primeros programas de vigilancia se iniciaron en los años 50 del siglo XX, a raíz de las pruebas nucleares en la atmósfera y se consolidaron con el desarrollo de la energía nucleoelectrónica. En España, tras unos primeros programas de medidas llevados a cabo por la antigua JEN, el control de la radiactividad ambiental se inició con la vigilancia de los terrenos en los que se iban a instalar las plantas nucleares para caracterizar radiológicamente el entorno antes de que este se viera afectado por los vertidos de las instalaciones.

Tras la entrada de España en la UE en 1985, el CSN sienta las bases para el desarrollo de la vigilancia de ámbito nacional, fuera de la zona de influencia de las instalaciones, de acuerdo con el Tratado de Euratom y siguiendo las recomendaciones de la UE. La red se implanta en 1992, gestionando directamente el Consejo la REA; para el mantenimiento operativo de la REM se planteó la participación de organismos colaboradores, adoptándose soluciones diferentes en función del medio a vigilar. Para la vi-

gilancia de las aguas se contó con la colaboración del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, el Cedex, que venía realizando la vigilancia de las principales cuencas hidrográficas desde 1978; para la vigilancia del medio aéreo y terrestre, se optó por la colaboración de laboratorios universitarios. Paralelamente, Protección Civil fue implantando la RAR y posteriormente se han establecido también las redes de las comunidades autónomas.

El número de laboratorios colaboradores del Consejo fue aumentando y pasó de 14 en 1992, a 21 en el año 2000. En ese año el Consejo puso en marcha, de acuerdo con las recomendaciones de la Unión Europea, la denominada Red Espaciada, parte de la REM que contiene un número muy reducido de puntos de muestreo y en la que se aplican técnicas de gran sensibilidad, lo que permite obtener niveles de detección muy bajos y medir los valores existentes de los contaminantes radiactivos en el medio ambiente.

Con los requisitos de protección frente a la exposición debida a la radiación natural, recogidos en el Título VII del *Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes* se abre

un nuevo ámbito de actuación, que afecta al impacto sobre los trabajadores, público y medio ambiente de las industrias que manipulan sustancias que contienen isótopos de origen natural. Especial mención merece el radón, que el Consejo ha incluido en su plan para la protección de la población frente a la exposición debida a la radiación natural, aunque no es requerido en la reglamentación. Se han llevado a cabo varios proyectos para medir las concentraciones de radón en viviendas, lo que ha contribuido al desarrollo de las técnicas de medida en nuestro país, disponiendo el Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña de una cámara de calibración.

### ¿Cuál es el papel del Consejo de Seguridad Nuclear en el control de la radiactividad ambiental?

El Consejo tiene entre sus funciones controlar las medidas de protección radiológica del público y el medio ambiente y vigilar y controlar las descargas de materiales radiactivos y su incidencia en el entorno de las instalaciones; evaluar el impacto radiológico ambiental de las instalaciones y actividades que impliquen el uso de radiaciones ionizantes y controlar la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional, en cumplimiento de las obligaciones internacionales del Estado español. Debe, así mismo, colaborar con las autoridades competentes en materia de vigilancia radiológica ambiental fuera de las zonas de influencia de las instalaciones. Es decir, su labor incluye todos los ámbitos en los que se desarrollan los sistemas de vigilancia.

El CSN define, en guías específicas, el contenido y alcance genéricos de los programas que deben desarrollar los titulares en el entorno de las instalaciones, y aprueba los programas concretos en las autorizaciones de funcionamiento



de cada instalación. Además, realiza un control de la aplicación de estos programas mediante la evaluación de sus resultados, que los titulares deben enviar al Consejo anualmente; realiza también inspecciones periódicas y lleva a cabo un programa independiente, de características análogas al de los titulares pero más reducido, en torno al 5% del primero.

En lo que respecta a la vigilancia nacional, el Consejo estableció los criterios para su desarrollo y ha puesto en juego los recursos necesarios para su implantación y mantenimiento. También en este caso define el alcance de los programas a desarrollar, teniendo en cuenta las recomendaciones de la UE y evalúa sus resultados a fin de determinar la calidad radiológica del medio ambiente en nuestro país.

La participación de un número tan elevado de laboratorios universitarios en esta vigilancia supone una mayor complejidad de gestión y un mayor coste, pero ha permitido crear una importante infraestructura nacional que favorece los avances en este campo y la formación de expertos, a la vez que proporciona una mayor confianza de la población, tanto por la proximidad geográfica como por el carácter público de las instituciones.

El CSN cuenta con una base de datos medioambientales, la base KEEPER, que integra los resultados de todos los programas de vigilancia, los de la REM, los del entorno de las instalaciones y también los de programas especiales desarrollados por alguna circunstancia particular. Con los datos de esta base se prepara la publicación anual del Consejo sobre los resultados de la vigilancia en España y se elabora la información para el Congreso de los Diputados y para la Unión Europea, que requiere datos anuales de la vigilancia nacional.

En por tanto fundamental garantizar la fiabilidad y homogeneidad de las medidas y para ello el Consejo requiere a los laboratorios la implantación de un sistema de calidad homogéneo y de procedimientos normalizados de muestreo y análisis, verificando su correcta aplicación mediante auditorías y visitas técnicas a los laboratorios. El Consejo ha fomentado todos los aspectos relacionados con la calidad en la medida de la radiactividad ambiental, promoviendo y financiando el desarrollo de procedimientos normalizados y normas UNE, colaborando activamente en el desarrollo de las Jornadas de Calidad que, en Cáceres, han visto su sexta edición, y organizando desde 1992 ejercicios anuales de intercomparación. También ha financiado diversos estudios y proyectos en la materia.

*¿Qué puede decirnos de los resultados obtenidos?, ¿se observa algún cambio o tendencia importante en los últimos años?*

En lo que respecta a los resultados de los programas de vigilancia, en el entorno de las instalaciones, sobre todo en las centrales nucleares más antiguas, se observa en alguna vía una cierta tendencia decreciente respecto a lo primeros años de operación, cuando los vertidos fueron más elevados. En cualquier caso los valores detectados son muy bajos. En los programas de vigilancia de ámbito nacional los resultados se mantienen dentro de valores normales, con lo que se constata la buena calidad del medio ambiente en España, tal como se pone de relieve en los informes anuales del CSN al Parlamento.

En cuanto a la medida de la radiactividad, se está avanzado en la aplicación de nuevas técnicas que permiten simplificar los procesos de preparación y medida de las muestras, reducir los tiempos y alcanzar niveles de detección más bajos.

En el ámbito de la calidad, cabe resaltar la evolución en la acreditación de los laboratorios. Hemos pasado en un tiempo relativamente corto de no tener ningún laboratorio acreditado, a contar con 10 acreditados y algunos más en proceso de estarlo.

## **EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL**

*¿Puede decirse que la situación de control en España es similar a la de otros países europeos?*

La vigilancia y control radiológico del medio ambiente en España es equiparable a la de otros países de la UE, encontrándose entre los más avanzados. La Comisión edita recomendaciones, como hemos comentado anteriormente, pero estas permiten una cierta flexibilidad y, además, no son de obligado cumplimiento, por lo que aún dándose unas características básicas similares pueden existir diferencias entre unos países y otros.

*¿Existe integración entre las redes nacionales y las internacionales?*

Todos los estados miembros deben remitir a la Comisión los resultados de sus programas de vigilancia, de acuerdo con unos criterios previamente establecidos a fin de normalizar la información enviada; estos datos se integran en la base de datos de la UE "Radioactivity Environmental Monitoring". La Comisión elabora informes periódicos que edita y pone a disposición de los interesados en su página web.

Existen también intercambios de información en las redes ligadas a la vigilancia asociada a condiciones accidentales, como la plataforma EURDEP, en la que participa el Consejo remitiendo diariamente datos de la REA. Hay otro tipo de redes integradas por laboratorios de muchos países, que constituyen un foro de intercambio de información de gran interés.



## LA INVESTIGACIÓN EN EL CAMPO DE LA RADIATIVIDAD AMBIENTAL

¿Qué líneas de investigación considera que son prioritarias en este campo?

Por un lado, aquellas que contribuyan a una mejora en las técnicas de medida, que permitan simplificar algunos procesos complejos y costosos y bajar los niveles de detección, reduciendo al mismo tiempo los volúmenes de muestra y los tiempos de contaje. En este contexto, también sería necesaria una clarificación y homogenización de conceptos y criterios que permitan un mejor tratamiento de algunos aspectos, tales como las incertidumbres.

La incorporación de la protección de las especies no humanas, implantando un sistema equivalente al establecido por la ICRP para el hombre, plantea también nuevos retos que es necesario abordar.

La exposición frente a la radiación de origen natural, fundamentalmente la debida al radón por su incidencia en la salud, también requiere atención especial.

¿Hay programas nacionales o internacionales que contemplen y financien esas líneas de investigación?

Algunos laboratorios españoles, en línea con lo realizado en otros paí-

ses, están desarrollando métodos de medida basados en la aplicación de ciertas técnicas convencionales a este campo, o en la utilización novedosa de técnicas conocidas. En los ámbitos de la exposición debida al radón y de la protección de las especies no humanas, se han desarrollado diversos proyectos. Muchos de estos proyectos se han integrado en los planes de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación, en los diferentes programas marco de la UE y de la OMS, y en los propios programas del Consejo.

¿Cuál es la contribución del CSN en estos programas?

El Consejo, a través de su plan de investigación, participa de forma activa en estos programas, habiendo financiado números proyectos. En lo que se refiere al desarrollo de técnicas de medida, ha financiado proyectos del Ciemat y algunas universidades. También han merecido una atención especial los proyectos relacionados con la determinación de las concentraciones de isótopos naturales en las industrias NORM, desarrollados por algunas universidades y el propio Ciemat, cuyos resultados han sido publicados por el CSN; se podría citar también el proyecto MARNA, cuyo

resultado fue el mapa de radiación gamma natural de España, y más recientemente el mapa de riesgo de exposición al radón, el mapa de contenido de  $^{137}\text{Cs}$  en suelos de la Península, o el sistema para reducir el contenido de isótopos naturales en agua de bebida, que se está aplicando con éxito ya en algunas depuradoras.

¿Hay en España suficientes grupos de I+D para garantizar el mantenimiento y evolución del conocimiento en esta materia?

Ya he comentado que el sistema establecido por el CSN, frente a costes elevados, tiene otras ventajas, como fomentar la creación de una red que garantiza la necesaria actualización de conocimientos y la formación de expertos. Este hecho es especialmente evidente considerando que la mayoría de los laboratorios que participan en la REM son universitarios.

## LAS JORNADAS

Las jornadas sobre radiactividad ambiental celebradas recientemente, y que se abordan de manera monográfica en este número de **RADIOPROTECCIÓN**, son el principal punto de reunión de los profesionales de este campo.

¿Cuál es el principal objetivo de las jornadas y qué papel juegan en el desarrollo y la clarificación de los diferentes aspectos de la radiactividad ambiental?

Obtener una determinada garantía de la capacidad para realizar diferentes actividades es hoy un requisito importante; en el ámbito del análisis y medida de la radiactividad ambiental es fundamental, dada su trascendencia para determinar la calidad radiológica y garantizar una adecuada protección del público y el medioambiente. Además, el cumplimiento de las obligaciones de España como estado miembro de la UE obliga, como hemos comentado, a remitir estos datos a la Comisión y a su contraste con los obtenidos por otros países. Dadas las peculiaridades del sistema de vigilancia





en España, la necesidad de obtener resultados fiables y comparables cobra especial relevancia.

Uno de los objetivos que impulsaron la celebración en 1998 de las primeras Jornadas de Calidad en el control de la radiactividad ambiental fue conseguir los mejores estándares de calidad alcanzables en cada momento y mantener una dinámica que promoviera la mejora permanente en este ámbito. Esas primeras jornadas y su continuación, con las sucesivas ediciones bienales en Salamanca, Valencia, Sevilla, Jaca y la última en 2010, en Cáceres, representan un hito relevante en el desarrollo y evolución de la infraestructura en materia de vigilancia radiológica ambiental actualmente implantada en nuestro país.

**¿Cuáles son los agentes/sectores más involucrados en este proceso?, ¿considera que sería conveniente o necesaria la participación de instituciones de otros sectores que en este momento no participan, o lo hacen de una manera muy colateral, en esta actividad?**

Los agentes más involucrados son los laboratorios que desarrollan los programas de vigilancia radiológica que controla y supervisa el CSN, tanto los de la REM como los programas de vigilancia de las instalaciones, aunque también intervienen otros laboratorios españoles y de otros países que participan en las campañas de intercomparación anuales del CSN y que asisten de forma regular a las jornadas sobre vigilancia ambiental que organiza el Consejo para presentar y discutir los resultados de estas, y a las Jornadas de Calidad. En total participan regularmente unos 35 laboratorios.

**¿Cuáles son, en su opinión, los beneficios y las lecciones aprendidas que han producido y producen estas jornadas periódicas?**

Creo que merece destacar la elaboración, con la financiación y participación del Consejo, de procedimientos norma-

lizados y Normas UNE, desarrollados por los grupos de trabajo constituidos en Bilbao sobre *Normas, Patrones e Incertidumbre*. Además, se ha desarrollado un sistema de comunicación permanente de los expertos entre sí y con el CSN, que facilita la discusión abierta de los problemas y la colaboración entre los laboratorios, lo que contribuye a una mejor comprensión y solución de los retos y dificultades técnicas que puedan surgir y atender con solvencia algunos problemas concretos planteados.

La acreditación de nuestros laboratorios es otro aspecto que debe mucho a la actividad de las jornadas, de cuya importancia dan fe tanto el número creciente de asistentes, como el número y calidad de las presentaciones y de los debates posteriores.

**¿Qué aspectos deberían abordarse en próximos encuentros?**

Entre los temas que requieren una profundización de cara al futuro cabe citar:

- Los mecanismos para mejorar y facilitar los procesos de acreditación de los laboratorios. En esta línea el CSN y ENAC están desarrollando un acuerdo de colaboración, en cuyo marco el CSN definirá los criterios aplicables por ENAC a las acreditaciones.
- La revisión de los procedimientos normalizados, tras la experiencia adquirida en su implantación, y su conversión en Normas UNE es otro tema.
- La implantación de técnicas de análisis y medida que permitan reducir los niveles de detección optimizando a la vez los tiempos necesarios para obtener los resultados.

La forma de participación activa de los jóvenes investigadores, cuya intervención desde las jornadas de Sevilla ha sido cada vez más relevante. Este aspecto resulta sustancial para el mantenimiento y evolución de la infraestructura actual de vigilancia ambiental.

## LAS SOCIEDADES PROFESIONALES

La SEPR considera importante estrechar lazos de unión con los profesionales de las áreas de actividad relacionadas con la Protección Radiológica.

**Teniendo en cuenta su amplia experiencia, ¿considera interesante la creación de un foro, al estilo de los ya existentes y consolidados, entre el CSN y la SEPR, entre otras sociedades profesionales, para abordar el análisis de los diversos aspectos de la radiactividad ambiental de manera conjunta e integrada?**

La colaboración entre profesionales es fundamental para conseguir mejorar y avanzar, con el valor añadido de la sinergia generada en el proceso. Con este convencimiento, desde 1992, año en que el CSN organizó la primera campaña de intercomparación, se han venido celebrando las Jornadas Anuales de Vigilancia Ambiental del CSN para discutir los resultados y analizar los problemas surgidos en el desarrollo de los programas de vigilancia. Estas actividades han constituido el germen de las Jornadas de Calidad.

Por tanto, aunque no tenga formalmente ese nombre, el foro ya existe y está bien consolidado; en él se abordan de forma conjunta e integrada todos los aspectos de la radiactividad ambiental, con la participación de la mayoría de profesionales de este campo bajo el "paraguas" de la SEPR y la SNE, que cuentan con representantes permanentes en el Comité de Seguimiento de las jornadas. El CSN ejerce un papel equivalente al que juega en los foros citados. Quizá existan algunas diferencias en cuanto al modo de funcionamiento, pero estas no son relevantes si se tiene en cuenta que, en su forma actual, este resulta muy ágil y efectivo. En cualquier caso, podría ser un aspecto a considerar si todos los agentes involucrados lo consideran oportuno.

Puesto que este monográfico está dedicado a la Radiactividad Ambiental, se presentan en esta sección los contenidos en la página web relacionados con el tema y que pudieran interesar a los socios.

Con respecto a CURSOS Y CONVOCATORIAS, a nivel nacional es de destacar la tercera edición del curso "toma de muestras para la determinación de la radiactividad ambiental" que fue organizado por la SEPR, Enresa y el CSN los días 19 y 20 de octubre de 2010 en El Cbril (Córdoba). Este curso ha estado destinado a la adquisición de los conocimientos necesarios para la toma de muestras de suelos, sedimentos y de aerosoles en aire de acuerdo con las Normas UNE 73311-1, UNE 73320-2 y UNE 73320-3. También el curso "El Radón: exposición de riesgo para la salud. Soluciones para su reducción", que se celebró en el Hospital Clínico Universitario de Santiago el día 22 de noviembre en Santiago de Compostela.

A nivel internacional deben mencionarse la cuarta conferencia internacional sobre "Chronic Radiation Exposure: Low-Dose Effects" que se ha celebrado el día 9 de noviembre en Chelyabinsk (Rusia), la mesa redonda organizada en el marco European Alara Network "Scenarios for Dose Assessments in the NORM industry" que se celebró el día 23 de noviembre en Dresde (Alemania), la Conferencia internacional LOWRAD que se celebrará el día 13 de diciembre en Barcelona, o la Conferencia internacional sobre "Radioecology and Environmental Radioactivity" (ICRER 2011) que se celebrará el 19 de junio de 2011 en Hamilton (Canadá).

En el área de DESCARGABLES pueden mencionarse las presentaciones realizadas en las Jornadas sobre la Protección Radiológica en los distintos años, siendo interesantes las presentaciones sobre la Futura Directiva Europea de PR, partes I y II de las Jornadas realizadas en el año 2009.

La sección de REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA recoge legislación genérica que es por supuesto importante señalar, como la Directiva 96/29/Euratom por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, o el RD 783/2001 de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

Aparecen en la web PUBLICACIONES que son interesantes en el campo. Del CSN

Proyectos de I+D como Calidad metrológica y dosimetría del radón. Primera campaña nacional de intercomparación, o el Proyecto TRACER. Estudios de dispersión de contaminantes en ríos y embalses. En Informes Técnicos aparecen los resultados de los distintos Programas de vigilancia radiológica ambiental, las Concentraciones de radón en viviendas españolas. Otros estudios de radiación natural o Vigilancia radiológica ambiental. Procedimientos de 2004. De la HPA "Comparison of Processes and Procedures for Deriving Exposure Criteria for the Protection of Human Health: Chemicals, Ionising Radiation and Non-ionising Radiation", "A Methodology for Assessing Doses from Short-Term Planned Discharges to Atmosphere. NRPB-W54", "Distributions of Risk in Exposed Groups from Routine Releases of Radionuclides to the Environment. NRPB-W45" o "Results of the 2002 NRPB Intercomparison of Passive Radon Detectors. NRPB-W44" (intercomparación 2010 y anteriores en hpa.org.uk). Del OIEA son interesantes muchas publicaciones, destacables quizá "Radiation Protection and NORM Residue Management in the Zircon and Zirconia Industries", "Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry", "Radiation Protection Against Radon in Workplaces Other than Mines", "Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection Safety Guide", "Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación: Guía de seguridad", "Measurement Uncertainty. A Practical Guide for Secondary Standards Dosimetry Laboratories Facilities", "Naturally Occurring Radioactive

Materials (NORM IV) Proceedings of an International Conference held in Szczyrk, Poland", "Natural Activity Concentrations and Fluxes as Indicators for the Safety Assessment of Radioactive Waste Disposal", "Regulatory and Management Approaches for the Control of Environmental Residues Containing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM)", "Quantifying Uncertainty in Nuclear Analytical Measurements", "Clean Laboratories and Clean Rooms for Analysis of Radionuclides and Trace Elements", "Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments" o "Extent of Environmental Contamination by Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) and Technological Options for Mitigation". Desde luego hay enlaces a otras publicaciones como las "Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación", las Publicaciones 101 y 103 de ICRP, el documento "Radiological Protection of the Environment" de la NEA o el documento de la Unión Europea RP 135: "Effluent and Dose Control from European Union NORM Industries: Assessment of Current Situation and Proposal for a Harmonised Community Approach".

También deben destacarse en la sección REVISTAS enlaces a la revista Journal of Environmental Radioactivity, o a las más genéricas Health Physics Journal, Journal of Radiological Protection, Radiation Measurements, Radiation Protection Dosimetry o Radioprotection.

### Hojas de cálculo para la "Estimación de dosis a pacientes en diagnóstico médico" y para "blindajes en salas de diagnóstico" y presentaciones de la "Jornada sobre protección radiológica en pediatría. Criterio ALARA".

Se han puesto a disposición de los socios las hojas de cálculo "Estimación de dosis a pacientes en diagnóstico médico" realizadas por Pedro Ruíz, Francisco Carrera, Carlos Salgado y M<sup>a</sup> Ángeles Rivas, sobre selección de parámetros en TC, estimación de dosis a pacientes en Mamografía, estimación de dosis a pacientes en Medicina Nuclear, estimación de dosis al feto en Medicina Nuclear, estimación de dosis a pacientes en exploraciones complejas y Dosis a pacientes en Medicina Nuclear diagnóstica y TC.

También una hoja de cálculo para en cálculo de blindajes en las salas de diagnóstico realizada por Pedro Ruíz y M<sup>a</sup> Ángeles Rivas.

Además están ya disponibles las presentaciones de la Jornada sobre protección radiológica en pediatría que se celebró el día 15 de octubre de 2010 en el Hospital Universitario Niño Jesús de Madrid.

Juan Carlos Mora  
Coordinador de la página web de la SEPR

## La Junta Directiva informa

El día 14 de octubre se celebró, en el Hospital de La Princesa, una reunión de la Junta Directiva de la SEPR. Asistieron a dicha reunión sus miembros: Pío Carmena (presidente), Marisa España (vicepresidenta), Teresa Macías (secretaria) y los vocales Ricardo Torres, Carmen Álvarez, Óscar González, Ángeles García y Pedro Ruiz.

Los temas tratados en la reunión fueron los siguientes:

– **Informes de la comisiones, grupos de trabajo y foros:** Se pasó revista a las actividades realizadas desde la última reunión de la Junta Directiva. Se informó de la próxima reunión de la Comisión de Asuntos Institucionales prevista para el 4 de noviembre, de la reunión de la Comisión de Actividades Científicas celebrada el 27 de septiembre, en la que se identificaron actividades para el año 2011 y sucesivos, así como las actividades de los grupos de trabajo asociados al Foro Sanitario.

– **Altas y bajas de socios:** Había 26 solicitudes de altas y 6 solicitudes de bajas que fueron aprobadas.

– **Procedimiento de organización de actividades intersociedades:** A solicitud de la secretaria general, se aprobó la propuesta de este procedimiento, que ya se está aplicando para la organización de actividades conjuntas.

– **Comentarios a la propuesta de carné radiológico europeo:** Se había recibido del CSN una solicitud de comentarios a la propuesta de carné radiológico europeo, aplicable a todos los sectores donde haya trabajadores expuestos y, en especial, a los trabajadores externos. Este carné es muy similar al que se viene utilizando en España, básicamente en el sector de las centrales nucleares. La idea actual es extender su uso a los otros sectores que utilizan radiaciones ionizantes. Se acordó crear un grupo de trabajo *ad-hoc* en el sector sanitario para dar estos comentarios, así como transmitírsele a los coordinadores de los grupos de radiografía industrial y UTPR para su valoración.

– **Renovación de la próxima Junta Directiva y desarrollo de la Asamblea General:** La asamblea para la renovación de la Junta Directiva ya está convocada el próximo 4 de noviembre en Unesa, con solamente este punto en el Orden del Día. Se ha recibido una candidatura para esta renovación, compuesta por Eduardo Gallego (vicepresidente), Beatriz Robles (secretaria) y Rosario Salas, Carmen Rueda y Borja Rosell, como vocales.

– **Reunión de sociedades europeas IRPA en Madrid:** Se informó sobre lo preparativos y orden del día de esta reunión que se celebrará el 25 de octubre en la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid. Asistirán a la reunión representantes de 12 sociedades europeas de Protección Radiológica.

– **Congreso de Sevilla:** Se revisaron las últimas propuestas de programa científico y presupuesto del congreso. Se propuso que se evaluase la posibilidad de disponer de más salas paralelas para así poder desdoblar algunas sesiones que parecía englobaban temas diversos, en especial en el área sanitaria.

– **Propuesta de actividades de la SEPR para 2011:** Se informó sobre las propuestas de publicaciones, jornadas y cursos exis-

tentes, acordándose desarrollarlas más para priorizarlas y ver las que pudieran hacerse en 2011, teniendo en cuenta que se celebra el congreso en el primer semestre.

M<sup>ª</sup> Teresa Macías  
Secretaria General de la SEPR

## Acuerdo con la SERAM

El día 27 de septiembre se firmó el Convenio Marco de colaboración entre la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM) y la Sociedad Española de Protección Radiológica, con el objetivo de colaborar perfeccionando la competencia profesional de sus asociados, fomentando la docencia y la investigación en sus respectivas áreas de actuación, así como para establecer nuevos escenarios de colaboración mutua, en el convencimiento de que esta colaboración beneficiará no sólo a sus respectivos asociados sino también a los pacientes en nuestro país.



Firma del acuerdo entre la SERAM y la SEPR.

El acuerdo se firmó en la Sede de la SERAM asistiendo el Dr. Fraile y el Dr. López Pino como representantes de la SERAM, y Pío Carmena y Marisa España como representantes de la SEPR.

Comité de Redacción

## Jornada sobre Protección Radiológica en Radiología Pediátrica. Criterio ALARA

El día 15 de octubre tuvo lugar en el Hospital Universitario de La Princesa (Madrid), la *Jornada sobre Protección Radiológica en Radiología Pediátrica*, organizada conjuntamente por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Española de Radiología Pediátrica (SERPE). Las responsables de la jornada: M<sup>ª</sup> Luisa España, vicepresidenta de la SEPR y María I. Martínez, presidenta de la SERPE.

El objetivo de la jornada era establecer el marco de la Protección Radiológica en Radiología Pediátrica, así como conocer las dificultades que supone aplicar el criterio ALARA en las nuevas tecnologías.

A la jornada asistieron especialistas en Radiodiagnóstico, especialistas en Radiofísica, TER y representantes del CSN y de la Comunidad de Madrid.

Para comenzar, la Dra. María del Rosario Pérez (OMS) y el Dr. Eliseo Vañó (ICRP) nos presentaron un resumen de las actuaciones internacionales en Protección Radiológica en Pediatría. A continuación, cuatro mesas redondas sobre los siguientes temas:

- Radiodiagnóstico general y pruebas especiales
- Avances en la tecnología
- Tomografía Computarizada
- Intervencionismo vascular y cardíaco

En la página web de la SEPR están disponibles las ponencias presentadas en esta Jornada.

### CONCLUSIONES

Hay, cada vez más, preocupación por el riesgo global relacionado con la creciente población infantil que está siendo expuesta a radiaciones, en algunos casos en forma innecesaria. Los niños son inherentemente más radiosensibles y disponen de un mayor tiempo para expresar los efectos tardíos de la radiación a lo largo de su vida. Además, el nivel de conciencia en los profesionales de la salud acerca de los riesgos de la exposición a radiaciones ionizantes en la infancia es aún insuficiente y hay una tendencia a subestimar las dosis de radiación administradas durante estos procedimientos. Por ello, la OMS, en colaboración con distintos organismos, ha organizado distintas campañas y talleres para informar sobre la necesidad de producir una herramienta para comunicar riesgos y beneficios en radiología pediátrica.

Por otra parte están pendientes de publicación varios documentos de la ICRP en los que se habla de este tema y en concreto el documento *Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology* sobre los efectos y riesgos de las radiaciones ionizantes en la población pediátrica. En este documento se describen los métodos para la estimación del riesgo de incremento de cáncer en función de la dosis de radiación, se citan las dosis típicas que se imparten en los diferentes procedimientos radiológicos y se habla sobre justificación de procedimientos y su optimización. También se refiere a aspectos prácticos de la Protección Radiológica en radiografía convencional y en fluoroscopia, en radiología intervencionista pediátrica y en la TC pediátrica. Incluye también los sistemas de radiología digital y el uso de la tomografía computarizada en intervencionismo.

Se estima, que para ciertos efectos, la exposición en los primeros diez años de vida puede tener un riesgo de tres a cuatro veces mayor que en exposiciones entre los 30 y 40 años, y cinco veces mayor que para exposiciones después de los 50 años. La justificación en pacientes pediátricos es especialmente importante, hay que abandonar técnicas obsoletas, rechazar las pruebas mal indicadas, buscar otras técnicas alternativas no radiantes, formar al residente, técnico y prescriptor en los avances, porque el 30% de las pruebas que se realizan son innecesarias.

La dosis de radiación en radiodiagnóstico pediátrico es un indicador de buena práctica clínica, y junto con la evaluación de la calidad de imagen garantiza la calidad de los procedimientos.

Hay situaciones en las que no se requiere alta calidad y

podemos reducir las dosis, como en el control de sonda nasogástrica o en el seguimiento de escoliosis. En este último caso además, podemos reducir dosis en mamas realizando una proyección PA en vez de AP.

Conocer bien las herramientas y posibilidades de preproceso y posproceso es muy importante para reducir la dosis. Es también necesario un estudio de la tasa de rechazos para evitar repeticiones innecesarias. Mejorar el entrenamiento de los técnicos y la supervisión de los radiólogos para minimizar la sobreexposición, especialmente en los equipos digitales, donde una exploración sobreexpuesta es válida y una mala colimación puede pasar desapercibida.

Los nuevos sistemas de almacenamiento de imágenes permiten obtener información dosimétrica individualizada, siempre que el Radiofísico confirme la fiabilidad de la misma. Además es importante seleccionar los indicadores dosimétricos adecuados a cada procedimiento.

La dosis efectiva puede ser de utilidad para realizar comparaciones relativas entre diferentes tipos de procedimientos diagnósticos y utilización de tecnologías similares entre diferentes hospitales y países, así como diferentes tecnologías para un mismo tipo de procedimiento médico, siempre y cuando los pacientes de referencia tengan distribuciones similares en edad y sexo.

En las exploraciones de TC es importante utilizar parámetros técnicos específicos que pueden modificar significativamente la dosis, sin disminuir la calidad de imagen. Cambios de kV, mA, ancho de corte y demás parámetros de adquisición, reduce la dosis pero también puede producir aumento de ruido, aumento de artefactos, y otros efectos perjudiciales para la calidad de imagen. Es necesario llegar a un compromiso. Además utilizar parámetros de reconstrucción o de postproceso adecuados mejora la calidad de imagen.

Hasta un 30% de los estudios de TC pediátricos son innecesarios o pueden ser substituidos por otras técnicas de imagen que no utilizan radiaciones ionizantes.

Utilizar protectores de bismuto reduce la dosis pero puede aumentar el ruido y la aparición de artefactos disminuyendo así la calidad de imagen. Se pueden utilizar otros medios como reducir el mA.

En exploraciones de PET-TC es importante tener en cuenta que la captación de la 18F-FDG en niños es diferente de los adultos, puesto que hay lesiones benignas que captan la 18F-FDG y pueden dar lugar a falsos positivos.

En intervencionismo vascular y cardíaco hay que tener en cuenta que los órganos tienen menor tamaño y están más próximos y la gestión de las dosis de radiación y la calidad de las imágenes son más críticos.

La manipulación de catéteres y otros dispositivos usados en las prácticas intervencionistas requiere una especial habilidad y entrenamiento en pediatría. En muchos casos los equipos no están adaptados especialmente para pacientes pediátricos y el material o dispositivos utilizados tampoco. Las intervenciones son más largas y se usa más tiempo radiación en cada intervención que en adultos.

Por todo ello las dosis de radiación a los pacientes pueden ser elevadas y los profesionales que realizan los procedimientos pueden tener exposiciones significativas a lo largo de su



vida profesional (están más próximos a los pacientes y en ocasiones, no es fácil utilizar las mamparas y otros elementos de protección). Se han detectado cataratas radioinducidas en algunos cardiólogos pediátricos.

Los equipos de rayos X utilizados en pediatría requieren características y ajustes especiales. La medida de las dosis a los pacientes, su registro y transferencia a las historias clínicas de los pacientes debería ser generalizada.

Se plantea una pregunta ¿Están suficientemente justificados todos los procedimientos intervencionistas? Parece importante establecer guías con indicaciones en pediatría ya que en radiología pediátrica no se incluyen criterios de justificación de intervencionismo y en radiología intervencionista no se incluyen criterios de justificación en paciente pediátrico. En el documento de *Protección radiológica 118: Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen* no existe ni una sola mención a las pruebas de radiología intervencionista en la edad pediátrica.

En la mesa redonda dedicada a la actualización de la tecnología intervinieron cinco representantes de sendos suministradores: Fujifilm, G.E. Healthcare, Philips, Siemens y Toshiba.

Se presentaron avances en los equipos especialmente útiles en radiología pediátrica.

Equipos con un rendimiento alto permiten reducir el tiempo de exploración, y post-procesos adaptados y optimizados para la pediatría proporcionan una calidad de imagen excelente. Los nuevos sistemas de reconstrucción de imagen permiten reducir enormemente el ruido y por tanto bajar las dosis en un 40-50%. A estos nuevos procesos de reconstrucción de imagen se unen los ya implementados de modulación de corriente, estudios de cardio por pulsos, etc. En el área de la fluoroscopia y radiología intervencionista la posibilidad de disponer de un tubo de rayos X, con una gran capacidad de disipación térmica hace que se puedan utilizar grandes intensidades de corriente y poder filtrar el tubo de rayos X con el objetivo de reducir las dosis a la entrada del paciente. La fluoroscopia pulsada controlada por rejilla, la colimación automática y sobre la imagen del monitor sin radiación, permiten unas reducciones de dosis superiores al 80%. En el campo de la tomografía computarizada, de nuevo el uso de un tubo con características térmicas muy altas, permite la reducción de dosis mediante la filtración agresiva del haz, el desdoblamiento del foco en dos direcciones, mejorando la resolución espacial, y el uso de filtros adaptados a cada necesidad. En estos equipos los sistemas de reducción de dosis para pediatría, la modulación de la corriente en los tres ejes, la colimación activa que permite evitar la sobreirradiación que se produce en el inicio y final de los barridos helicoidales, las nuevas espirales rápidas para aplicaciones cardiológicas, o para exploraciones pediátricas de tórax, en las que el paciente no tiene que mantener la respiración y que evita la sedación de los niños pequeños. Además los nuevos sistemas de adquisición permiten reducir la dosis a los órganos más sensibles como las mamas o el cristalino al cortar la emisión de radiación en aquellas proyecciones que darían una mayor dosis a estos órganos.

Está claro el esfuerzo por parte de las casas comerciales en adaptar a los equipos protocolos específicos de pediatría y en

desarrollar equipos que reduzcan las dosis, pero es importante resaltar que sin una formación adecuada a los usuarios del equipo, esto no sirve de nada.

Por lo tanto es muy importante favorecer la comunicación entre los distintos profesionales que intervienen en los procedimientos de Radiología Pediátrica: Radiólogos, Cardiólogos, Radiofísicos y TER para poder trabajar juntos y garantizar el criterio ALARA en Pediatría. Así mismo la buena comunicación con las casas comerciales favorecerá el que todos esos avances tecnológicos se aprovechen al máximo para conseguir realmente una mejor calidad de imagen para dosis más bajas.

Comité de Redacción

## Firma del Convenio Marco de colaboración entre la SEPR y la SESA

El día 21 de octubre, en la sede del Colegio de Farmacéuticos de Madrid tuvo lugar la firma de un Convenio Marco de colaboración entre la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA).

La SEPR es una asociación de profesionales y entidades de carácter científico y técnico cuya función es la promoción científica y la divulgación de la protección radiológica. Su objetivo es agrupar a todos los profesionales de este campo y ofrecer



Firma del Convenio Marco entre La SEPR y la SESA.



un espacio de diálogo, información y participación entre sus asociados, la sociedad en su conjunto y las empresas e instituciones, públicas y privadas, relacionadas con el uso pacífico de las radiaciones ionizantes.

La SESA es también una asociación de profesionales y entidades cuyas actividades profesionales o científicas se desenvuelven

en el campo de la Salud Ambiental (Sanidad Ambiental, Salud Laboral, Higiene Alimentaria, Toxicología Ambiental, entre otras actividades relacionadas). Su finalidad es favorecer el intercambio de conocimientos en los campos de investigación, gestión, formación de personal o cualquier otro que contribuya al desarrollo y difusión de la Salud Ambiental.

Este convenio tiene como objetivo establecer un marco de colaboración en el que se aprovechen y potencien los recursos de ambas sociedades para el desarrollo de actividades y estudios sobre problemas y temas de interés común. Las áreas inicialmente identificadas como de potencial colaboración son la formación y el apoyo profesional en como traducir la información radiológica ambiental a vigilancia sanitario-ambiental y en situaciones de problemas frente a radiaciones ionizantes y no ionizantes que afecten a la población general. También se prevé el apoyo en la organización de eventos, como la jornada técnica sobre Radiaciones ionizantes y salud, que tuvo lugar en Granada el 15 de abril de 2010, organizada por la SESA con la colaboración de la SEPR.

Bajo la presidencia del Dr. Benjamín Sánchez Murias, expresidente de ambas sociedades, académico de la Real Academia Nacional de Medicina y profesional de reconocido prestigio tanto en el campo de la protección radiológica como de la salud ambiental, firmaron el convenio Pío Carmona, presidente de la SEPR, y José M<sup>o</sup> Ordóñez, presidente de la SESA, en presencia de Leopoldo Arranz y Guadalupe Martínez, miembros de las respectivas sociedades.

*Comité de redacción*

### Conclusiones de jornadas de Protección Radiológica y Radiofísica Hospitalaria

#### Jarandilla de la Vera - Junio 2010

##### Mesa redonda nº 1

*Revisión y actualización del ANEXO II del RD 1566/1998, por el que se establecen los criterios de calidad en Radioterapia.*

##### CONCLUSIONES RADIOTERAPIA

Revisar y actualizar el Anexo II del mencionado RD de acuerdo con el actual equipamiento que se emplea en los modernos servicios de Oncología Radioterápica.

Esta actualización debe ser llevada a cabo por la SEFM, quien designará un grupo de trabajo dentro de sus expertos en cada una de las áreas.

Valorar la posibilidad de un mecanismo ágil, si lo admite la autoridad sanitaria, para poder disponer de un "Anexo II" permanentemente actualizado en consonancia con los avances tecnológicos en Radioterapia.

##### Mesa redonda nº 2

*Revisión y actualización del ANEXO III del RD1976/1999, por el que se establecen los criterios de calidad en Radiodiagnóstico.*

##### Comentarios generales

- Auditorias de sanidad en general insuficientes o inexistentes.
- Se necesita definir correctamente el sentido y significado de los criterios de aceptabilidad ya que el anexo III puede suponer contradicciones con el contenido del RD y en el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (PECCR) al que alude.
- El PECCR está en fase de revisión.
- Formación del personal operador como base de la calidad asistencial.

##### Comentarios particulares

- El Especialista en Radiofísica Hospitalaria (ERH) no está implicado en los procesos necesarios de adquisición de equipamiento.
- Las realidades asistenciales públicas y privadas tienen muchas diferencias y matices que convendría tener en cuenta.
- El contenido en el RD1976/1999 implica a los especialistas en el ámbito de sus competencias sin que esa implicación haya sido efectiva transcurrida una década de existencia.

##### CONCLUSIONES RADIODIAGNÓSTICO

- Dado que el Anexo III está en fase de revisión en la Unión Europea y en la actualidad hay un borrador en fase de comentarios creemos oportuno proceder a la revisión del actual cuando el nuevo documento está listo.
- El PECCR está en fase de revisión en la actualidad y para esta labor consideramos importante tener acceso a los protocolos, normas y procedimientos desarrollados en la Unión Europea.
- Somos conscientes de la gran diversidad de equipos de rayos X y de la distinta complejidad que éstos tienen. Creemos que el especialista en Radiofísica Hospitalaria tiene los conocimientos y la formación suficiente para poder ser considerado, a todos los efectos, el representante cualificado del comprador ya que se observa, en algunas comunidades autónomas, el incumplimiento de lo especificado en el contenido del RD sobre especificaciones de compra y realización de pruebas de aceptación.

##### Desde las sociedades científicas:

- Se debe instar a las autoridades sanitarias a la realización de inspecciones y auditorias en las instalaciones para poder garantizar el cumplimiento y la optimización de la garantía de calidad en Radiodiagnóstico.
- De nuevo se instará al Ministerio de Educación que modifique la situación que impide a los especialistas en Radiofísica Hospitalaria participar en la formación de los alumnos de los ciclos formativos de grado superior en las disciplinas de Diagnóstico por la Imagen y Radioterapia.
- Se promoverán reuniones con la SERAM para potenciar el desarrollo efectivo de las responsabilidades que los radiólogos tienen en el desarrollo de lo contenido en el RD 1976/1999.
- Este tipo de acercamiento, en el futuro, debe producirse también a otras sociedades científicas y colegios profesionales bajo cuyo ámbito se encuentran especialista en el terreno de sus competencias distintos a los expresados en el punto anterior.

### Mesa redonda nº 3

Revisión del RD 1085/2009. Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X. Mesa Redonda sobre las nuevas aportaciones modificaciones, exigencias, controles, especificaciones. Propuesta de un programa de Protección Radiológica.

#### Antecedentes

El primer Reglamento sobre Instalación y Utilización de Equipos de Rayos X fue publicado en 1991 y supuso un paso decisivo en la regulación de las instalaciones médicas con rayos X en España ya que el antiguo Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas de 1972 no las contemplaba.

Sin embargo, dicho reglamento había quedado obsoleto por el rápido desarrollo de la Protección Radiológica en España y, además, había que adaptarlo a las nuevas exigencias reglamentarias europeas y nacionales. El 18 de julio de 2009, se publica el nuevo reglamento (RD 1085/2009, de 3 de julio).

Hay tres aspectos especialmente destacables:

- El primero se refiere a la necesidad de que las instalaciones cuenten con un programa de protección radiológica en el que se recojan de manera estructurada todos los aspectos que los titulares de las instalaciones deben considerar para la adecuada aplicación de sistema de protección radiológica requerido en nuestra reglamentación.
- En segundo lugar, hay mejoras que se incorporan en lo que se refiere a los requisitos que se establecen para las entidades que prestan servicio a las instalaciones de radiodiagnóstico, orientado a conseguir mejor calidad y trazabilidad de sus actuaciones.
- Por último, se indica una clasificación de las instalaciones de radiodiagnóstico, que permite la aplicación gradual o graduada de los requisitos de protección radiológica en función del riesgo y la complejidad de las instalaciones.

#### CONCLUSIONES

- La publicación de este nuevo reglamento que sustituye al anterior está justificado (han pasado 18 años desde el anterior de 1991), resulta oportuno (se han pasado de 4242 instalaciones de rayos X declaradas en 1992 a 30 000 en 2009 prácticamente el 100%) y resulta positivo porque clarifica las responsabilidades de todos los agentes implicados (desde el titular hasta del jefe del Servicio de Protección Radiológica pasando por el responsable clínico de la instalación), exige un Programa de Protección Radiológica (PPR) exponiendo claramente las funciones del Servicio de PR y mejora la gestión de inscripción de las nuevas instalaciones.
- La mayoría de los responsables del cumplimiento de este reglamento pueden desconocer su existencia o alcance. Resulta necesario que el CSN inicie una campaña informativa dirigida a los agentes implicados (directores gerentes como titulares, jefes de los servicios con equipos de rayos X, etc.) para indicarles las responsabilidades reglamentarias para su cumplimiento y el papel ejecutivo que tiene el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica (SRPR). Esta información facilitará la realización de sus funciones. Así mismo se consideró que cualquier



iniciativa conviene hacerla con conocimiento de las sociedades científicas implicadas (SERAM, SEPR y SEFM).

- Este reglamento especifica claramente y eleva las responsabilidades de los SRPR y, concretamente, la de los jefes de servicio, en materia de docencia, medidas de prevención, medidas de control y vigilancia (en operación y en equipamiento), así como en medidas administrativas (certificados, pruebas de aceptación, registro y archivo). Ello exige la implicación de los especialistas en radiología en el PPR además de su participación activa en el Programa de Garantía de Calidad (PGC).
- En relación al PPR, el reglamento especifica que debe estar elaborado e implantado antes del 19 de julio de 2010. En las jornadas se debatió la conveniencia de unificar en un único documento el PPR y el PGC, ya que el reglamento admite dicha posibilidad (Artículo 19). Se manifestaron una mayoría de opiniones contrarias al documento único. Como razones se expusieron que los responsables de su evaluación e inspección son organismos diferentes (por un lado el CSN y por otro las consejerías de sanidad de las comunidades autónomas) y los objetivos son diferentes (por un lado la protección radiológica de los trabajadores y el público y, por otro, la seguridad del paciente). En contraposición, las opiniones de unificar ambos documentos se basan en las posibles ventajas de optimizar la documentación reglamentaria, de dar cobertura coordinada a las diferentes actividades de los servicios de Radiofísica y Protección Radiológica y en buscar el apoyo del CSN en materia de PR del paciente dado que muchas consejerías de sanidad parece que hacen dejadez de sus obligaciones reglamentarias. No hubo consenso en este aspecto, por lo que se concluye que cada SRPR actúe de la forma que estime más conveniente en función de sus circunstancias particulares. Se recomendó elaborar un documento guía que pueda usarse como modelo aprovechando la experiencia de algunos compañeros.
- Una de las medidas que contempla el PPR es la relativa es la formación e instrucción, inicial y periódica de los trabajadores expuestos. Dado que la formación obligada al personal sanitario está muy diversificada y, en algunos casos, solapada, resulta necesario proponer en un único documento la

formación reglamentada por el CSN y el Ministerio de Sanidad. En el caso de los médicos, se deberá contemplar la formación de pregrado y postgrado básica A y B, primer y segundo nivel, etc. En el caso de los técnicos superiores de imagen diagnóstica, es necesario implicar a los radiólogos y a los radiofísicos en su formación.

### Mesa redonda nº 4

*Revisión y actualización de los Anexos I y II del RD 1841/1997, por el que se establecen los criterios de calidad en Medicina Nuclear.*

#### Antecedentes

Se presentó el "Proyecto de Real Decreto por el que se modifica los anexos del Real Decreto 1841/1997, de 5 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en Medicina Nuclear", que quedó listo para publicarse, en el BOE, en agosto de 2007.

Este proyecto lo elaboró un grupo de trabajo formado por miembros de las tres sociedades implicadas en la redacción del Protocolo Nacional de Control de Calidad en la instrumentación de Medicina Nuclear, SEFM, SEMN y SEPR, que coordinó Rafael Puchal. Incluye, además de la modificación de los Anexos I y II, una nueva redacción del Artículo 12 sobre pruebas de aceptación del equipamiento y se añadió un Anexo III sobre pruebas y criterios de aceptación utilizados en Medicina Nuclear *in vivo*.

La modificación del Apartado 2 del Artículo 12 queda como sigue:

*"Las pruebas de aceptación de los equipos tendrán que estar detalladas en las especificaciones de compra, deberá realizarlas el suministrador del equipamiento en presencia de un especialista en Radiofísica Hospitalaria o, en su defecto, de un representante técnicamente cualificado, designado por el comprador y los resultados deberán constar en un informe".*

En relación a la modificación del Anexo I contiene una relación de la actividad administrada que no debe sobrepasarse por exploración y radiofármaco. Se han incorporado los fármacos que se usan en PET, se han eliminado los que habían caído en desuso, y se han revisado las actividades máximas.

En relación a la modificación del Anexo II se han incluido nuevos equipos como sondas intraoperatorias, minigammacámaras, PET y equipos híbridos. Así como las pruebas mínimas de constancia para el control de calidad del equipamiento utilizado en Medicina Nuclear *in vivo*.

En este anexo también se establece que las pruebas deberán ser llevadas a cabo, con la periodicidad señalada, por personal cualificado, que guardará registros de los resultados y verificará que éstos cumplan con los criterios de validez mencionados en el mismo. Estos resultados deberán ser revisados por el especialista en Radiofísica Hospitalaria periódicamente (por lo menos semestralmente) y siempre que se detecte alguna anomalía. El especialista en Radiofísica Hospitalaria elaborará el informe anual correspondiente.

- En relación al nuevo Anexo III, sobre pruebas y criterios de aceptación del equipamiento utilizado en medicina nuclear *in vivo* antes de su uso clínico.

- En él se establece que todo equipo destinado a medir la actividad empleada en las exploraciones, a detectar localmente actividad en el paciente o a procurar imágenes mediante técnicas de Medicina Nuclear, morfológicas o funcionales, deberá, una vez instalado, cumplir estrictamente las especificaciones del fabricante que se han establecido en el contrato de compra.

- Para ello el proveedor deberá utilizar los maniqués y los programas informáticos necesarios para su verificación según las normas en que están expresadas las prestaciones del equipo. El comprador suministrará el material radioactivo que sea necesario para la realización de estas pruebas.

- Se indica el conjunto mínimo de prestaciones que deben comprobarse así como las desviaciones máximas permitidas respecto a los datos del fabricante o los valores máximos admisibles.

#### Situación actual

- Aunque en el proyecto figura que, "se han solicitado informes a las comunidades autónomas, a la Comisión Nacional de Medicina Nuclear, a la Comisión Nacional de Radiofísica Hospitalaria, y al Consejo de Seguridad Nuclear", esto no se ha llevado a efecto, ya que no se ha solicitado informe del borrador del proyecto a la Comisión Nacional de Radiofísica Hospitalaria ni a las sociedades científicas implicadas.

- Cuando se estaba elaborando el Real Decreto 1841 vigente se le encargó a la SEFM un documento, sobre la Medicina Nuclear, para la redacción del articulado. Los diferentes borradores fueron elaborados y consultados para comentarios:

- - El Anexo I, de actividad administrada que no se debe sobrepasarse por exploración y radiofármaco, a la SEMN.

- - El Anexo II de equipamiento a la SEFM y la SEPR.

- - Discusión en la mesa

- - Se planteó la idea, por algunos compañeros, de que no deberían existir los anexos ya que la tecnología evoluciona muy rápidamente y la legislación es muy complicada que se adapte a esta evolución y quedan desfasados fácilmente.

- Les parecía más oportuno hacer referencia a recomendaciones emitidas por sociedades científicas u organismos de reconocido prestigio. También se dijo que la única forma para que se lleven a cabo las pruebas de constancia y de aceptación es que estas aparezcan explícitamente en un real decreto.

#### CONCLUSIONES

- Tomando el proyecto de borrador, presentado, como base se plantean los siguientes acuerdos:

1. Revisión del «glosario de términos» contenido en la parte final del proyecto de real decreto. Se le enviará a Antonio Broset para revisión.

2. Se tendría que actualizar alguna prueba, o incorporar algún equipo, por el tiempo que ha transcurrido desde que se elaboró el proyecto.



3. Al no tener conocimiento de la situación en la que está el proyecto, en la actualidad, buscar interlocutor válido en el Ministerio de Sanidad y Política Social (MS y PS). Se barajaron diferentes alternativas:

- Director general de Salud Pública
- Acuerdo CSN- MS y PS sobre colaboración en la protección radiológica del paciente.
- Interpelación parlamentaria
- Por las consejerías de Sanidad a través de la Comisión Interterritorial de Protección Radiológica.

4. Redactar un documento base para que se pueda adaptar a sus necesidades en cada comunidad, y poder presentarlo en cada consejería de Sanidad.

*Comité de redacción*

## Reunión de presidentes de sociedades europeas de Protección Radiológica en Madrid

El pasado 25 de octubre, la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) acogió la 7ª reunión anual de presidentes de Sociedades de Protección Radiológica (PR) europeas de la *Internacional Radiation Protection Association* (IRPA). Esta reunión se celebró en la Escuela Superior de In-

- genieros Industriales de Madrid y participaron en la misma
- 18 representantes de 12 sociedades europeas: austriaca,
- italiana, belga, croata, checa, suiza-alemana, nórdica,
- holandesa, francesa, inglesa, portuguesa y española. En la
- reunión se informó sobre las últimas actuaciones de IRPA, las
- actividades realizadas en 2010 (congresos regionales, en
- especial el europeo de Helsinki) y previstas (IRPA13: Glas-
- gow 2012 y regional europeo: Ginebra 2014). También
- se revisaron las iniciativas adoptadas por este grupo para
- potenciar la coordinación europea en esta materia, tal como
- el intercambio de información sobre actividades de forma-
- ción en PR, compartir artículos técnicos para las respectivas
- revistas o el seguimiento de la implantación de los principios
- de participación de los *stakeholders* adoptado por IRPA. Así
- mismo se reflexiona sobre los retos a los que se enfrentan las
- sociedades de PR asociados a los relevos generacionales
- que están teniendo lugar en todos los países europeos, pro-
- poniéndose a analizar la creación de secciones específicas de
- jóvenes en cada asociación y potenciando su participación
- en las actividades internacionales que se organizan. Final-
- mente se acordó recopilar los comentarios individuales de cada
- sociedad al borrador de Directiva básica de PR europeas
- para transmitir a la Comisión Europea comentarios conjuntos
- de los profesionales de la PR europeos. La próxima reunión
- tendrá lugar el 17 de octubre de 2011, en Londres.

*Comité de redacción*



## Partículas calientes

- Este es el título de la nueva
- publicación de la SEPR que ha
- contado con el patrocinio del
- Consejo de Seguridad Nuclear
- y de Unesa, y es una recopilación
- de técnicas, experiencias,
- métodos y evaluaciones sobre
- dichas partículas dirigido tanto
- a profesiones como a lectores no
- versados, aunque sí interesados
- en la tecnología nuclear y radio-
- lógica.



- El libro se divide en nueve capítulos científico-técnicos complementados por un glosario y bibliografía, y ha sido elaborado por un grupo de profesionales de reconocido prestigio en el mundo de la energía nuclear y de la protección radiológica como son : Javier Castelo (Universidad Autónoma de Barcelona), Agustín Alonso, Eduardo Gallego (Universidad Politécnica de Madrid), Ignacio Amor (CSN), Catalina Gascó, Teresa Navarro, Ana Romero (Ciemat), Óscar González (Enresa), Paloma Marchena (Tecnatom) y Eduardo Sollet (Iberdrola).

- El trabajo incluye un apéndice elaborado a modo de preguntas y respuestas que, además, puede ser consultado en la página web de la SEPR ([www.sepr.es](http://www.sepr.es)).

*Comité de redacción*



El Segundo Congreso Conjunto de la SEPR-SEFM se celebrará en Sevilla del 10 al 13 de mayo de 2011 en el Hotel Meliá Sevilla, cuyas instalaciones facilitan tanto el trabajo como el descanso de los congresistas. Su privilegiada situación, prácticamente en el centro de la ciudad, se complementa con su proximidad a la estación de San Bernardo, uno de los principales nudos de comunicación,

el Parque de María Luisa y otros hoteles que pueden completar, en caso necesario, el adecuado alojamiento de los participantes.

Creemos que en nuestro lema, "calidad y seguridad en el uso de la radiación", tienen cabida todos los profesionales interesados en nuestro congreso. La aplicación de las radiaciones

ionizantes debe cumplir con todos los criterios de calidad establecidos, los procedimientos y protocolos que se desarrollen deben estar basados en criterios de eficiencia y de eficacia, y todas nuestras actuaciones deben desarrollarse en un marco de seguridad que garantice la no aparición de efectos ciertos y disminuya al máximo la probabilidad de los estocásticos.

Tendremos ocasión de conocer el trabajo de los compañeros de otros centros y ámbitos, los avances tecnológicos y las nuevas propuestas en las conferencias invitadas y cursos, y establecer discusiones esclarecedoras en las mesas redondas.

En nombre de los Comités Organizador y Científico del II Congreso Conjunto de las Sociedades Españolas de Física Médica y de Protección Radiológica, os invitamos a participar en el mismo con el compromiso de que no ahorraremos esfuerzo alguno que pueda contribuir al éxito científico de la reunión, que creemos de interés para todos los profesionales de la protección radiológica y de la física médica.

*Miguel Herrador Córdoba - Presidente*

## Datos de interés

**Secretaría técnica:** IberCongress. Juan Sebastián Elcano 44, 4ºD, 41011 Sevilla

**Sede:** Hotel Meliá Sevilla. Dr. Pedro de Castro no 1, 41004 Sevilla

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

**Comunicaciones:** Las normas detalladas para el envío de comunicaciones figuran en la página web del Congreso.

**Alojamiento:** Hotel Meliá Sevilla. Dr. Pedro de Castro no 1, 41004 Sevilla

En la página web de la SEPR existe enlace con la página del Congreso en que se puede efectuar la reserva.

**Programa de Acompañantes:** Cocktail de bienvenida en el Real Alcázar. Visita panorámica en autobús por el Parque de M<sup>a</sup> Luisa incluyendo los Pabellones de la Exposición Iberoamericana de 1929 y un recorrido a pie por el centro histórico de Sevilla incluyendo la visita al Convento de Santa Paula y de Socorro y por la tarde una ruta por la Sevilla desconocida en la que seguiremos conociendo el centro histórico y profundizando en las leyendas de Sevilla (Pedro I, Don Juan Tenorio, Miguel de Mañara, Cervantes, Cristóbal Colón, Velázquez...). El jueves 12 se realizará la cena de clausura.



## Fechas importantes

**Fecha límite para el envío de resúmenes:**

15 de diciembre de 2010

**Fecha límite de comunicación de aceptación:**

15 de febrero de 2011

**Fecha límite de entrega de trabajos:**

15 de marzo de 2011

**Fecha límite de inscripción reducida:**

25 de febrero de 2011

## Áreas Temáticas

Fuentes de radiación natural. Exposición externa e interna. Radón, NORM...	A01	Formación y docencia	A10
Metrología y dosimetría física. Desarrollos científicos y aplicaciones prácticas	A02	Protección ocupacional en instalaciones reglamentadas. Funcionamiento normal e incidencias	A11
Tratamiento de imágenes y sistemas de información	A03	Protección operacional, del público y del medio ambiente. Funcionamiento normal e incidencias.	A12
Dosimetría clínica en el diagnóstico con radiaciones. Dosimetría interna.	A04	Desmantelamiento y clausura de instalaciones. Gestión de residuos radiactivos	A13
Dosimetría clínica en la terapia con radiaciones: radioterapia externa, braquiterapia y terapia metabólica	A05	Aplicaciones industriales de la radiación y de las fuentes y los materiales radiactivos. Transporte.	A14
Métodos y algoritmos de cálculo, modelación y simulación.	A06	Preparación y actuación en accidentes y emergencias radiológicas.	A15
Efectos biológicos de la radiación	A07	Regulación y normativas en el uso de las radiaciones	A16
Protección y seguridad del paciente	A08	Aspectos sociales y éticos de la Protección Radiológica	A17
Biofísica. Aplicaciones médicas de otros agentes y métodos de la Física.	A09	Radiaciones no ionizantes	A18

La distribución temporal para cada área estará en función del número de comunicaciones que contenga. Incluso se prevé la posibilidad de que haya simultáneamente hasta tres sesiones.

## ORGANIZACIÓN

### COMITÉ DE HONOR

PRESIDENTE: S.M.D. Juan Carlos de Borbón I, Rey de España  
VICEPRESIDENTE: Excmo Sr. D. Jose Antonio Griñán Martínez. Presidente de la Junta de Andalucía

Ministro de Industria; Ministro de Sanidad; Ministro de Ciencia e Innovación; Presidente CSN; Consejero de Innovación; Consejero de Salud; Consejero Medio Ambiente; Presidente Diputación; Gerente del SAS; Alcalde de Sevilla; Presidente del CIEMAT; Presidente de ENUSA; Presidente de ENRESA; Presidente de UNESA; Presidente de ENDESA; Gerente HUVR; Gerente HUVM; Gerente HUVV; Presidente Sociedad Española de Física Médica y Presidente Sociedad Española de Protección Radiológica.

### COMITÉ ORGANIZADOR

PRESIDENTE: Miguel Herrador Córdoba  
VICEPRESIDENTE: Florencio Javier Luis Simón

VOCALES: Leopoldo Arranz Carrillo de Albornoz, Bartolomé Ballester Moll, Diego Burgos Trujillo, Paloma Marchena González, María Carrasco Herrera, María Amparo Iborra Oquendo, Daniel Fernández Molina, José Miguel García Madueño, Isabel Gallardo Fuentes, Manuel García León, Amadeo Gómez Puerto, Mónica Ortiz Seidel, Juan Carlos Mateos Pérez, Manuel Francisco Rodríguez Castillo, Gerardo Sánchez Carmona y Santiago Velásquez Miranda.

### COMITÉ CIENTIFICO

COPRESIDENTE SEFM: Juan José Peña Bernal  
COPRESIDENTE SEPR: Pedro Carboneras Martínez  
SECRETARIO: Jose Antonio Terrón Leon

VOCALES: Carmen Álvarez García, Rafael Arrans Lara, Montserrat Baeza Trujillo, Emilio Casal Zamorano, Felipe Cortes Benavides, Teresa Eudaldo, Manuel Fernández Bordes, José Miguel Fernández, Eduardo F. Gallego Díaz, Francisco García Acosta, Rafael García Tenorio, Mercè Ginjaume Egido, José Gutierrez López, Ignacio Hernando, Antonio Leal Plaza, Florencio Javier Luis Simón, Maricruz Lizuain, José Macías Jaén, José Perez Calatayud, Miguel Pombar Camean, Rafael Puchal Añé, Luis S. Quindós Poncela, María Angeles Rivas Ballarín, Carmen Rueda Fresnedo, Francisco Sánchez Doblado, Alejandro Úbeda Maeso y Juan Ureña López.

TODA LA INFORMACIÓN EN:  
<http://ibercongress.net/congresoconjunto/index.php>

### 1. PROPÓSITO Y ALCANCE:

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

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

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

Todas las contribuciones se harán en castellano y se enviarán por correo electrónico a la dirección: [redaccionpr@gruposenda.net](mailto:redaccionpr@gruposenda.net)

o por correo postal a:

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

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

### 2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

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

### 3. NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA RADIOPROTECCIÓN

#### 3.1. Tipo de contribuciones que pueden enviarse a la revista.

Las contribuciones que pueden enviarse a *RADIOPROTECCIÓN* son:

- Artículos de investigación
- Revisiones técnicas
- Noticias
- Publicaciones
- Recensiones de libros
- Convocatorias
- Cartas al director
- Proyectos de I+D

#### 3.2. Normas para la presentación de artículos y revisiones técnicas.

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

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

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

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

Proporcionar una versión reducida del título para usar en el encabezamiento del trabajo, no mayor de 50 caracteres (incluyendo letras y espacios) y un máximo de 6 palabras clave que reflejen los principales aspectos del trabajo.

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

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

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

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

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

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

3.2.6. Anexos. Se solicita a los autores que no incluyan anexos, si el material puede formar parte del texto principal. Si fuera imprescindible incluir anexos, por ejemplo incluyendo cálculos

matemáticos que podrían interrumpir el texto, deberá hacerse después del apartado referencias bibliográficas. Si se incluye más de un anexo, éstos deben identificarse con letras. Un anexo puede contener referencias bibliográficas, pero éstas deben numerarse y listarse separadamente (A1, A2, etc.). Debe hacerse mención a los anexos en el texto principal.

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

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

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

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

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

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



# Requisitos de Euratom con respecto a la vigilancia radiológica ambiental y revisión de las Normas Básicas de Seguridad

Augustin Janssens

European Commission, Directorate General for Energy,  
Luxembourg

## RESUMEN

*Este trabajo presenta una reseña de los artículos relacionados con la vigilancia radiológica ambiental que fueron incluidos en el Título III del Tratado que constituyó en 1957 la entonces Comunidad Europea de Energía Atómica.*

*En especial el artículo 35 del Tratado que obliga a los Estados Miembros a controlar los niveles de radiactividad en la atmósfera, el agua y el suelo constituye la piedra angular de los programas extensos que se realizan.*

*Otros artículos dan amplios poderes a la Comisión Europea para acceder a las instalaciones de control y para tomar medidas en caso de que los niveles no cumplan con la normativa comunitaria.*

*Para facilitar la transparencia de la información y de acuerdo con el artículo 36 del Tratado, la Comisión desarrolló una serie de requisitos mínimos para los análisis de las descargas al medio ambiente y una base de datos que permite acceder a los resultados.*

*En los últimos años se ha emprendido una revisión de las Normas Básicas de Seguridad y, para la simplificación de la legislación comunitaria, se han refundido en la misma otras cinco Directivas relacionadas. El texto resultante ha sido aprobado por el Grupo de Expertos del Artículo 31 del Euratom en Febrero 2010.*

*En el trabajo se resumen las principales novedades del proyecto de Normas Básicas. Las mismas incorporan por primera vez en su texto el tratamiento del radón en viviendas y lugares de trabajo, los materiales de construcción, la protección del medio ambiente natural y desarrolla el concepto de un "enfoque gradual" para el control regulador aclarando además el concepto y valores de exención.*

## ABSTRACT

*This paper provides an overview of the articles related to environmental monitoring that were included in Title III of the Treaty that established the European Atomic Energy Community in 1957.*

*In particular Article 35 of the Treaty which requires Member States to control the levels of radioactivity in the atmosphere, water and soil is the cornerstone of comprehensive programs that take place.*

*Other articles give extensive powers to the European Commission for accessing to control facilities and for taking actions if the levels do not satisfy Community regulation.*

*To facilitate the transparency of the information and in accordance with Article 36 of the Treaty, the Commission developed a set of minimum requirements for analysing the discharges to the environment and a database that provides access to the results.*

*In recent years a review of the Basic Safety Standards was undertaken and, for the simplification of Community legislation, it was decided to recast in the same instrument five other related Directives. The resulting text has been approved by the Group of Experts under Article 31-Euratom in February 2010.*

*The present paper summarizes the main developments of the Basic Standards project. They embody in his text, for the first time, the treatment of radon in dwellings and workplaces, building materials, the protection of the natural environment and develops the concept of a "graded approach" for the regulatory control to further clarify the concept and values of exemption.*

### **EL CAPITULO III DEL TRATADO EURATOM**

El Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de Energía Atómica (Roma, 1957) introdujo, en una fase muy temprana del desarrollo de la energía nuclear, la necesidad de garantizar la adecuada protección de la salud de los trabajadores y del público en general en relación con los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. El Artículo 2b del Tratado, establece que la Comunidad deberá "establecer normas uniformes de seguridad para proteger la salud de los trabajadores y del público en general y garantizar su aplicación". El Capítulo III (Salud y Seguridad, Artículos 30-39) se ocupa de la protección radiológica, en particular de las normas de seguridad (Artículos 30-33) y específicamente de la radiactividad del medio ambiente (Artículos 35-39).

### **DISPOSICIONES AMBIENTALES DEL TRATADO EURATOM**

#### **Artículo 35 del Tratado de Euratom**

El Artículo 35, párrafo primero, del Tratado Euratom establece que

"Cada Estado Miembro creará las instalaciones necesarias a fin de controlar de modo permanente el nivel de radiactividad en la atmósfera, agua y suelo, así como garantizar el cumplimiento de las normas básicas."

Este párrafo es la piedra angular de los programas extensos establecidos en los Estados Miembros para la monitorización de los niveles de radiactividad en el medio ambiente. La formulación de atmósfera, agua y suelo se entiende que es general e incluye todos los compartimentos de la biosfera. Cabe señalar que la vigilancia real del suelo se lleva a cabo sólo de manera esporádica, pero en cambio las medidas del depósito y de la biota (pasto, leche, etc.) son los indicadores para la transferencia de los suelos a los individuos. El "medio ambiente" incluye tanto el entorno ambiental en las proximidades de, por ejemplo, una instalación nuclear como el territorio en general de un Estado Miembro. En opinión de la Comisión el entorno empieza donde se pierde el control operativo de los vertidos radiactivos, y las estaciones de monitorización son las de vigilancia de las descargas líquidas y gaseosas, en la medida en que la monitorización es necesaria para la evaluación de su impacto ambiental.

El segundo párrafo del Artículo 35 dice lo siguiente:

"La Comisión tendrá derecho de acceso a estas instalaciones de control y podrá verificar su funcionamiento y eficacia".

El derecho de verificación se refiere a la eficiencia de los sistemas instalados para la medida de la radiactividad am-

biental y de los vertidos radiactivos así como la adecuación del programa de vigilancia ambiental<sup>1</sup>. La eficacia y la adecuación se evalúan en relación con el enfoque general desarrollado a nivel nacional para asegurar la protección de la población en el cumplimiento de las Normas Básicas de Seguridad. Las verificaciones son esencialmente técnicas, comprueban la adecuación de los métodos de muestreo y análisis de laboratorio, el control de calidad y los procedimientos así como también la amplitud general del programa nacional.

#### **Artículo 36**

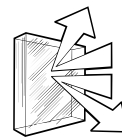
El artículo 36 del Tratado Euratom exige a los Estados miembros "comunicar regularmente por parte de las autoridades competentes a la Comisión la información sobre los controles contemplados en el artículo 35 a fin de mantenerla informada del nivel de radiactividad a la que está expuesta la población".

Los Estados miembros transmitirán regularmente a la Comisión informes nacionales anuales sobre la radiactividad del medio ambiente. La Comisión publica los datos extraídos de los informes a nivel comunitario. Estas recopilaciones tienen un valor añadido en comparación con los informes nacionales, en la medida en que los datos puedan compararse entre países. Este debería ser el caso de los índices de radiactividad resultantes de la precipitación radiactiva (fallout) de las pruebas atmosféricas de los años sesenta y de la contaminación de Chernobyl. Las publicaciones de la Comisión son una forma de asegurar que los datos son consistentes. Así, sólo los puntos de muestreo que no se ven afectados por los vertidos de las instalaciones nucleares, son incorporados en los informes de la Comisión (para las localizaciones de muestreo en río esto no siempre es posible). Esta elección es sin perjuicio del alcance de la obligación de monitorización requerida en virtud del artículo 35.

La Comisión ha publicado una serie continua de informes a partir de la década de los 60. El último informe abarca el período 2004-2006 [1]. El banco de datos REM (Radioactivity Environmental Monitoring) fue creado para este fin en el Joint Research Centre de Ispra, en un principio para almacenar los datos sobre la contaminación resultante del accidente de Chernobyl. Se decidió utilizar este banco de datos para simplificar los distintos formatos adoptados en la UE para la

---

<sup>1</sup> Las modalidades prácticas y el alcance de las comprobaciones se establecieron en una Comunicación de la Comisión (2006 / C 155/02) sobre "Verificación de las instalaciones de control de la radiactividad ambiental en los términos del artículo 35 del Tratado Euratom - Disposiciones prácticas para la realización de visitas de inspección en los Estados miembros "



presentación de informes de las medidas ambientales rutinarias y preparar los informes de la Comisión de una manera más sistemática. Los registros de los datos son accesibles a los usuarios externos a través de Internet en la siguiente dirección: <http://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/Activities.aspx>

El consenso sobre la monitorización y la presentación de los informes exigidos se ha establecido en una Recomendación de la Comisión adoptada en 2000 [2]. Ésta establece las modalidades de presentación de informes para las siguientes categorías de muestras: partículas en aire, tasa de dosis, aguas superficiales y aguas destinadas al consumo humano (con referencia a la Directiva sobre agua potable de la CE [3]), la leche y la dieta, para las categorías de medida, en las dos redes denominadas "densa y espaciada".

Se ha introducido una información más transparente para el amplio conjunto de datos que cubre todo el territorio de la UE (la red "densa"), utilizando los niveles de referencia para cada categoría muestra/nucleido, junto con la referencia a la exposición correspondientes de la población (a un nivel muy bajo de 1  $\mu\text{Sv/año}$ ). Al mismo tiempo se consideró que existía una necesidad de incluir datos sobre los niveles reales de radiactividad de un número limitado de lugares seleccionados (la red "espaciada"). Se pide a los Estados miembros que proporcionen los datos con la mayor precisión posible. Los conjuntos de datos, abarcando períodos de tiempo más largos, evidencian las tendencias en los niveles de radiactividad.

Se ha desarrollado una plataforma común de intercambio automático de datos (EURDEP) con un formato acordado para los mismos, en particular para el muestreo continuo de la tasa de dosis de las redes nacionales de alerta temprana. Se trata de una plataforma de comunicación para el intercambio urgente de información en situaciones de exposición de emergencia. Los mismos son complementarios a los Acuerdos ECU-RIE incluidos en la Decisión del Consejo 87/600/Euratom), que además permite el intercambio de datos rutinarios para otras categorías de muestras. EURDEP puede consultarse en la Web, tanto para el público y para uso restringido (véase el sitio Web REM).

### Artículo 38

El artículo 38 del Tratado Euratom da amplios poderes a la Comisión para tomar medidas en caso de que los niveles de radiactividad en el medio ambiente no cumplan las Normas Básicas de Seguridad. Este artículo también ofrece el fundamento jurídico para el establecimiento de recomendaciones sobre este tema. Estas Recomendaciones de la Comisión fueron emitidas en relación con los niveles de Cs-137 procedentes de Chernobyl en determinados alimentos de origen

silvestre [4] y para el radón y sus productos de desintegración en el suministro de agua [5].

### Descargas Radiactivas

La Comisión adoptó una Recomendación, con arreglo al artículo 36 de Euratom [6], para garantizar la transparencia de la información sobre los vertidos radiactivos a través de resultados de las medidas que sean comparables y garantizar que los requisitos mínimos de los métodos de análisis de los vertidos radiactivos se cumplen en toda la Comunidad. La Recomendación trata de vertidos radiactivos gaseosos y líquidos de las centrales nucleares y plantas de reproceso de combustible nuclear durante su operación normal. La Recomendación no sólo define los radionucleidos a ser controlados, sino también, para cada categoría de radionucleido, identifica aquéllos radionucleidos clave que son importantes en términos del impacto radiológico. Por ello, se consideran adecuados como indicadores de la sensibilidad de la medida, a los cuales deben aplicarse los requisitos mínimos de los límites de detección. En este último contexto la Recomendación también propone reglas de sustitución para los resultados de las medidas que están por debajo del límite de detección o del umbral de decisión.

Con el fin de adquirir una herramienta que servirá de instrumento para la implantación de la Recomendación, la CE puso en marcha un proyecto para desarrollar una base de datos de vertidos radiactivos (Radioactive Discharges Database, RADD). La misma es básicamente una aplicación Web segura, que pronto no sólo permitirá que los Estados miembros introduzcan los datos de descarga "on line", sino que también dará acceso al público en general a una parte determinada de la información.

Mientras que los efluentes de las instalaciones nucleares del ciclo del combustible están sujetos a las autorizaciones de vertido y otras condiciones de concesión de licencias, las mismas se gestionan de manera muy diferente en los Estados miembros. Por otra parte existe todavía una menor armonización derivada del uso de sustancias radiactivas utilizadas en medicina nuclear. La Comisión ha puesto en marcha un estudio para revisar la situación actual en la gestión de efluentes líquidos radiactivos procedentes de instalaciones médicas en la UE y los países candidatos para crear una base científica para la posible futura legislación en este ámbito<sup>2</sup>. Desafortunadamente,

<sup>2</sup>MEDIWASTE – Management of Liquid Radioactive Effluents Arising from Medical Establishments in EU Member States and Candidate Countries, TREN/07/NUCL/S07.78347;ENCO FR-(09)-53/Rev 2, June 2010

este estudio no fue muy concluyente: unos pocos Estados Miembros son de la opinión que los lodos de los departamentos de medicina nuclear se pueden liberar a la red de alcantarillado sin tanques de retención o sin un control previo a su liberación. Los mismos se han basado en una declaración del OIEA<sup>3</sup>. Otros Estados Miembros requieren un plan integral de retención y monitorización en los nuevos grandes hospitales.

### **NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

La Comisión ha llevado a cabo la simplificación de su acervo legislativo comunitario por la unificación de las normas relacionadas. Esto se ha efectuado sin introducir modificaciones, por ejemplo, con enmiendas o normas complementarias o mediante la refundición de estas si era necesario (por ejemplo, teniendo en cuenta las diferentes definiciones). La refundición de la legislación relacionada contribuye a la coherencia de las definiciones y requisitos, pero no es una tarea sencilla: no se permiten cambios al contenido de los requisitos, a menos que sean realmente necesarios y debidamente justificados. Es esencial guardar un seguimiento de los cambios a fin de facilitar más tarde el proceso de adopción.

La revisión de las Normas Básicas de Seguridad de Euratom deberá tener en cuenta las nuevas recomendaciones de la ICRP (Publicación 103) [7]. Si bien estas no implican necesariamente cambios importantes en los requisitos reglamentarios, ofrecen un marco mucho más coherente y comprensible. De ahí que la Comisión se ha comprometido a estructurar los requisitos en base a los conceptos de exposiciones planificadas, existentes y de emergencia, y a destacar el papel de la optimización por debajo de las restricciones y de los niveles de referencia apropiados. Esto tendrá un impacto en la gestión de las fuentes naturales de radiación y ampliará el alcance de la protección radiológica a las especies no humanas, como parte de la protección del medio ambiente en general. Al mismo tiempo, la Comisión quería introducir una aproximación gradual en el control reglamentario y armonizar las disposiciones sobre la exención y dispensa.

Este es un esfuerzo importante que, dentro del ámbito de aplicación de este artículo, se analiza fundamentalmente desde la perspectiva de la exposición del público y de la protección del medio ambiente.

<sup>3</sup> <http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/position-statement.pdf>

### **Consolidación de la legislación Comunitaria**

El acervo Comunitario en materia de protección radiológica, que se deriva del Título 2, capítulo III del Tratado Euratom, constituye un marco legislativo global y evolutivo, con la Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad [8] como pieza principal de la legislación y que será completada por ocho instrumentos vinculantes (Directivas, Reglamentos, Decisiones, además de Recomendaciones no vinculantes y Comunicaciones).

La refundición se ha llevado a cabo para las cinco Directivas principales de Euratom con la excepción de la relacionada con el transporte de residuos y combustible gastado [9]. En la etapa actual la reciente Directiva 2009/71/Euratom sobre Seguridad Nuclear [10] no se ha incluido. Además de las Normas Básicas de Seguridad, esta refundición incluye las siguientes Directivas:

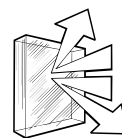
- Aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes: Directiva 97/43/Euratom (1997)
- Información en caso de emergencia radiológica: Directiva 89/618/Euratom (1989)
- Protección de los "trabajadores externos": Directiva 90/641/Euratom (1990)
- Control de las fuentes radiactivas selladas de alta actividad y fuentes huérfanas ("HASS"): Directiva 2003/122/Euratom (2003).

### **Situaciones de exposición**

La distinción entre las tres situaciones de exposición en la Publicación 103 de ICRP, demostró ser muy útil en la estructuración de las Normas. Sin embargo, son necesarias unas definiciones muy precisas para el contexto regulador, en lugar de las formulaciones más bien descriptivas de la ICRP.

Por ejemplo, la ICRP define una situación de exposición planificada únicamente como una operación planificada con fuentes. Las situaciones de exposición existentes se refieren a "las fuentes que ya existen cuando hay que tomar una decisión sobre su control". Creemos firmemente que cuando una actividad afecta o altera significativamente una situación de exposición, debido a fuentes existentes, tales como NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) o la radiación cósmica, se trata de una situación de exposición planificada. Por lo tanto las industrias NORM y la exposición de las tripulaciones son situaciones planificadas y las actividades pueden ser consideradas como prácticas. Por otro lado, los materiales NORM con los niveles de concentración de actividad que son comunes en





la corteza terrestre deben quedar exentos de los requisitos para prácticas. Hay otras condiciones de contorno, donde se tienen que tomar decisiones pragmáticas. La producción o importación de productos de consumo es claramente una actividad. Sin embargo, si las sustancias radiactivas se derivan de una situación de exposición existente, entonces es más conveniente gestionar dichos productos en el mismo contexto. Por lo tanto, los materiales de construcción y alimentos contaminados son gestionadas bajo el epígrafe "situaciones de exposición existentes".

En realidad las situaciones de exposición existentes son aquellas en las que la exposición se refiere a donde están las personas, más que lo que hacen. La entrada de radón en un edificio, desde el suelo, no está relacionada con ninguna actividad, por lo que, en general, es una situación de exposición existente.

En los primeros borradores de la nueva Directiva las disposiciones de emergencia y situaciones de exposición existentes habían sido establecidas en títulos específicos. Más tarde se encontró preferible tener, por ejemplo, todos los aspectos de la exposición de los trabajadores, incluidos los trabajadores de emergencias y el seguimiento de la exposición accidental de los trabajadores, en un solo Título. Por lo tanto no es un Título de "justificación y control reglamentario de las situaciones de exposición planificadas", pero los capítulos sobre la protección de los trabajadores, pacientes y miembros del público cubren todas las situaciones de exposición en lugar de ser parte de un título general de "situaciones de exposición planificada". Esta última aproximación es la que se ha considerado en el proyecto actual de las Normas Internacionales. La Directiva se estructura en torno a una clara matriz de estructura 3 x 3 con las categorías de exposición (ocupacional, público y médica), por un lado, y las tres situaciones de exposición por el otro como se muestra en la Tabla 1.

El nuevo esquema de gestión de las situaciones de la exposición de emergencia se basa en las recientes orientaciones de la ICRP [11]. El antiguo enfoque de un plan de emergencia con diferentes niveles de intervención se sustituirá por un sistema más amplio y completo:

- Análisis de riesgos o de posibles amenazas;
- Sistema de gestión global de la emergencia;
- Planes de respuesta de emergencia para las amenazas identificadas;
- Estrategias planificadas de forma previa para la gestión de cada caso postulado.

Cada estrategia debe tener como objetivo mantener las dosis por debajo del nivel de referencia, optimizando las acciones disponibles de prevención y protección en lugar de justificar cada acción. Los nuevos Anexos de la Directiva catalogan los elementos a ser incluidos en el sistema de gestión y en el plan de respuesta a la emergencia.

### **Fuentes naturales de radiación**

El Grupo de Trabajo de los Expertos del Artículo 31 sobre las fuentes naturales de radiación se comprometió, en primer lugar a armonizar la identificación y el control reglamentario de las industrias NORM. El Grupo de Trabajo acordó elaborar una "lista positiva" de los tipos de industrias que estarán sujetas a los controles en todos los Estados Miembros. Será una tarea de las autoridades nacionales informar a las industrias afectadas, asegurarse de que entienden la problemática de la protección contra las radiaciones y tomar, en caso necesario, las medidas adecuadas para reducir las exposiciones en el marco general de salud y la política de seguridad de la empresa.

Se pedirá a las industrias (las catalogadas y las que se identifiquen a nivel nacional), investigar los niveles de

<b>EXPOSICIÓN OCUPACIONAL</b>	<b>EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO</b>	<b>EXPOSICIÓN MÉDICA</b>
Situaciones de exposición planificada	Situaciones de exposición planificada	Situaciones de exposición planificada
Situaciones de exposición de emergencia	Situaciones de exposición de emergencia	(Situaciones de exposición de emergencia)
Situaciones de exposición existentes	Situaciones de exposición existentes	

Tabla 1: Nueva matriz de la estructura de las Normas Básicas de Seguridad Euratom

concentración de actividad en sus procesos. En base a una evaluación de las exposiciones profesionales en las industrias identificadas, se aplicará una aproximación gradual al control regulador. Los conceptos de exención y dispensa convergen ya que la salida de materiales de una industria NORM es, a menudo, el material de entrada de otra. Los valores propuestos para este propósito en la anterior guía de la Comunidad (Radiation Protection 122 parte II [12]) fueron de 0,5 Bq/g para ( $U^{238}/Th^{232}$  y 5 Bq/g para  $K^{40}$ , sobre la base de un criterio de exención de 300  $\mu$ Sv al año para las fuentes de radiación natural). Los valores aceptados en aras de la armonización internacional (Guía de Seguridad RS-G-1.7 [13]), son el doble que los de la Guía 122 y no siempre son adecuados para la desclasificación o la dispensa de los residuos de las industrias NORM. La Directiva de Euratom establece, por tanto de forma inequívoca que los valores de la RS-G-1.7 para los radionucleidos naturales no son aplicables para el reciclaje de residuos de materiales de construcción ni a las situaciones donde exista un riesgo específico, como pueda ser la contaminación de las aguas subterráneas.

Mientras que las industrias NORM y la exposición de las tripulaciones se gestionan como situaciones de exposición planificada, se aplica un sistema de gestión de situaciones de exposición existente a:

- Los materiales de construcción;
- El radón en viviendas y edificios públicos. Los lugares de trabajo son considerados como situaciones existentes o como situaciones planificadas.

Se ha incluido en un Anexo una lista indicativa de tipos de materiales de construcción considerados para su control, desde el punto de vista de la radiación gamma emitida. Se han incorporado en las Normas Básicas de Seguridad los requisitos para la puesta en el mercado y el uso de materiales de construcción basándose en las orientaciones proporcionadas por la guía anteriormente comentada [14]. El índice de concentración de actividad se puede traducir en dos clases de materiales de construcción en función del uso del material y de si se excedió el nivel de referencia común de 1 mSv por año (por encima del fondo). Este es el único nivel de referencia que será impuesto por la Directiva. Por cierto, si se dejara libertad de elección a los Estados Miembros, implicaría requisitos muy complejos para permitir el libre comercio dentro de la UE.

En la actualidad, el radón en las viviendas se excluye del ámbito de aplicación de la Directiva 96/29/Euratom y está cubierto por una Recomendación de la Comisión [15]. Hallazgos recientes de los estudios epidemiológicos

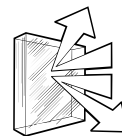
residenciales demuestran un riesgo de cáncer de pulmón por exposición al radón en interiores a niveles del orden de 100 Bq m<sup>-3</sup>. Por otra parte ICRP está actualmente reconsiderando su recomendación anterior sobre los factores de conversión a dosis para el gas radón y sus descendientes en la cadena de desintegración. La Comisión Principal de ICRP emitió un comunicado en noviembre de 2009 y propone ahora un valor máximo para el nivel de referencia en las viviendas de 300 Bq m<sup>-3</sup>, en línea también con la OMS [16]. La nueva Directiva ha incorporado este valor para las viviendas existentes. El valor más bajo para el nivel de referencia propuesto por la OMS, 100 Bq m<sup>-3</sup>, sería conveniente considerarlo como objetivo a largo plazo, pero se ha mantenido en la Directiva un valor máximo de 200 Bq m<sup>-3</sup> para las viviendas nuevas.

### **Aproximación gradual**

El actual sistema de control reglamentario es un sistema de dos niveles: la presentación de informes de las prácticas que están por encima de los niveles de exención y la autorización previa para determinadas categorías de prácticas. El OIEA ha introducido un sistema de tres niveles: notificación, registro y licencia. La Directiva identifica qué tipo de prácticas será objeto de cada pilar, que condiciones generales se deben cumplir y cuál es el contenido de los requisitos establecidos para su registro o como parte de una licencia específica de explotación.

La actual Directiva 96/29 introdujo los valores de exención en términos de actividad (Bq) y de concentración de actividad (Bq/g). Además, la reutilización o el reciclado de materiales con niveles insignificantes de contaminación, especialmente derivados del desmantelamiento, se podría autorizar para que el material fuera liberado del control regulador, siempre que se cumplan los niveles de desclasificación o dispensa. Los niveles de desclasificación deben establecerse de tal manera que las dosis individuales estén por debajo de aproximadamente 10  $\mu$ Sv, teniendo en cuenta la orientación dada por la Comisión. Esta orientación ha sido adoptada por el Grupo de Expertos para materiales específicos en escenarios de uso apropiados para metales tales como acero, cobre y aluminio, escombros de desmantelamiento o reutilización de edificios y valores de concentración por defecto para cualquier tipo de material.

Mientras tanto, el OIEA aprobó una guía similar RS-G-1.7, sobre la base de unos escenarios, en gran medida inspirados en los que subyacen en la RP 122 parte I referida a radionucleidos artificiales. Los niveles de la Guía del OIEA no se han desarrollado específicamente para el



propósito de desclasificación o dispensa, pero se sugirió que podrían ser utilizados para este propósito. En aras de la armonización internacional, se decidió introducir en la nueva Directiva los valores de la RS-G-1.7 en lugar de los de la RP-122. Un estudio [17], ha investigado si las diferencias entre los dos enfoques y la serie de valores resultantes tiene algún significado en términos prácticos. En general, los valores de la RS-G-1.7 son iguales o superiores a los de RP 122, pero las diferencias pueden explicarse bastante bien a través de los escenarios y supuestos utilizados para calcularlos.

### **Exposición del público**

Las nuevas Normas Básicas de Seguridad introducen cambios importantes en la gestión de la exposición del público en situaciones de exposición de emergencia y en situaciones de exposición existentes. En este último caso hay nuevos requisitos de vigilancia ambiental para el radón y los materiales de construcción. Los requisitos para las situaciones de exposición planificada sin embargo, no cambian sustancialmente. El Título VIII de la Directiva 96/29/Euratom simplemente se ha copiado en el Título IX de la refundición de la Directiva. En la nueva Directiva no obstante, se introducen unos requisitos más precisos sobre el examen y aprobación de las autorizaciones de vertido, que deberán:

- (a) Tener en cuenta los resultados de la optimización de la exposición al público.
- (b) Las buenas prácticas en la explotación de instalaciones similares
- (c) Permitir un margen de flexibilidad operativa de la instalación.

Además, la Directiva hará referencia a la Recomendación de la Comisión sobre la normalización de la información sobre los efluentes gaseosos y líquidos procedentes de instalaciones nucleares reforzando de esa manera el protocolo de información como un requerimiento real de monitorización

### **Protección del medio ambiente**

El objetivo general de la Directiva es la protección de la salud de los trabajadores, los miembros del público y los pacientes. La protección de la salud de la población contra los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes incluye la protección del medio ambiente humano como una vía de la exposición desde el medio ambiente al hombre. De acuerdo con la ICRP Publicación 103 ahora se considera

que esto debe ser complementado con el examen específico de la exposición del conjunto de la biota en el medio ambiente.

La Publicación 108 de la ICRP [18] ofrece orientación sobre la definición de los animales y las plantas de referencia, y la evaluación del impacto radiológico en las especies no humanas. Sin embargo, la aplicación de los principios de la protección radiológica en las especies no humanas y los ecosistemas tiene que seguir desarrollándose. La protección del medio ambiente no parece justificar un alto grado de regulación y los medios para demostrar el cumplimiento deben ser proporcionales a la relevancia del tema, en línea con el enfoque gradual. La orientación proporcionada por la ICRP, así como los resultados de la investigación financiada por la UE (Proyectos FASSET, ERICA, PROTECT) tendrán que ser trasladados a requisitos legales precisos y aplicables.

Si bien el capítulo III, "Salud y Seguridad" del Tratado Euratom sólo se refiere a la protección de la salud de los trabajadores y los miembros del público, las políticas para la protección del hombre y el medio ambiente deberían ser coherentes. Por ejemplo, los criterios ambientales, así como las restricciones de dosis deberían ser considerados en la autorización de las descargas de efluentes radiactivos. En vista de la limitada experiencia actual, la Comisión tiene previsto dejar tiempo suficiente para la transposición de estos requisitos en la legislación nacional, a la espera de los resultados adicionales de la investigación y de la orientación internacional proporcionada por la ICRP.

### **PERSPECTIVAS**

El Grupo de Expertos del artículo 31 del Tratado Euratom finalizó el texto de la nueva Directiva en febrero de 2010. El texto de los expertos<sup>4</sup> y sus conclusiones<sup>5</sup> son la base de una propuesta de la Comisión prevista para principios de 2011. La aprobación de la propuesta de la Comisión por el Consejo puede requerir unos pocos años y, teniendo en cuenta el tiempo concedido para la transposición a la legislación nacional, los requisitos no podrán ser verdaderamente efectivos antes de 2014.

<sup>4</sup>[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/art31/2010\\_02\\_24\\_draft\\_euratom\\_basic\\_safety\\_standards\\_directive.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/art31/2010_02_24_draft_euratom_basic_safety_standards_directive.pdf)

<sup>5</sup>[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/art31/2010\\_02\\_24\\_opinion\\_on\\_bss.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/art31/2010_02_24_opinion_on_bss.pdf)

Mientras tanto, la Comisión está siguiendo de cerca la revisión de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales. Como resultado de la decisión tomada por la Unión Europea, la CE está planteándose copatrocinar las Normas Básicas Internacionales, cosa que hasta el momento nunca había ocurrido formalmente. Ahora se prevé que lo haga, en la misma forma que se hizo con el documento por el que se establecieron las Nociones Fundamentales de Seguridad. El objetivo es armonizar en lo posible las definiciones y los requisitos, reflejando las recomendaciones de la ICRP. La Comisión Europea se ha sumado a los patrocinadores de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales (OIEA, NEA, OIT, OMS, OPS).

Los más de cincuenta años del Tratado Euratom han hecho una contribución significativa al desarrollo de la vigilancia de la radiactividad en el medio ambiente y al control de los efluentes de las instalaciones nucleares. El éxito de esta evolución es, en cierta medida, responsable de la necesidad de reconsiderar los objetivos de las políticas con respecto a la radiactividad ambiental. El estado actual del medio ambiente es muy diferente al previsto en el momento de la firma del Tratado Euratom. Las instalaciones nucleares han logrado mantener los vertidos de radiactividad tan bajos como para que, en la mayoría de los casos, la exposición de la población sea insignificante. Los niveles de radiactividad no son por lo general significativos desde el punto de vista de la salud a excepción de las fuentes naturales de radiación. Las consideraciones anteriores implican que el control de la radiactividad ambiental ya no se refiere principalmente a la protección de la salud o al cumplimiento de los límites de dosis establecidos en las Normas Básicas de Seguridad. La vigilancia, sin embargo, sigue siendo una tarea importante en los Estados miembros, en particular en términos de proporcionar información a la población. Independientemente de las consecuencias que para la salud supone, la gente quiere estar informada de los niveles reales de radiactividad o, al menos, estar seguros de que las autoridades los mantienen bajo supervisión.

El requisito de vigilancia de la radiactividad ambiental por lo tanto sigue siendo un requisito en sí mismo, además de ser un medio de asegurar el cumplimiento de las Normas Básicas. El papel de los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom sigue siendo muy importante en términos de preservar la transparencia y la exhaustividad de la vigilancia de la radiactividad ambiental en Europa. Las nuevas Normas Básicas de Seguridad contribuirán al desarrollo de estos requisitos y a ampliar el alcance de la vigilancia ambiental que incluya el radón, los materiales de construcción, así

como las materias primas y los residuos de las industrias NORM en el medio ambiente.

Por último, el mantenimiento de la capacidad para la vigilancia ambiental permitirá responder adecuadamente a una emergencia radiológica futura, y ayudar a preservar el conocimiento sobre el comportamiento de los radionucleidos y su transferencia al hombre como resultado de la investigación radioecológica llevada a cabo durante las últimas décadas.

## REFERENCIAS

- [1] Environmental Radioactivity in the European Community, 2004 - 2006, Luxembourg, 2010.
- [2] Commission Recommendation 2000/473/Euratom on the application of Article 36 of the Euratom Treaty concerning the monitoring of the levels of radioactivity in the environment for the purpose of assessing the exposure of the population as a whole [OJ L191]
- [3] Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption [OJ L330]
- [4] Commission Recommendation 2003/274/Euratom on the protection and information of the public with regard to exposure resulting from the continued radioactive caesium contamination of certain wild food products as a consequence of the accident at the Chernobyl nuclear power station [OJ L99]
- [5] Commission Recommendation 2001/928/Euratom on the protection of the public against exposure to radon in drinking water supplies [OJ L344].
- [6] Commission Recommendation 2004/2/Euratom on standardised information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power stations and reprocessing plants in normal operation [OJ L2]
- [7] International Commission on Radiological Protection, "The 2007 Recommendations of ICRP", Annals of the ICRP Publication 103, 2008 Elsevier
- [8] Council Directive 96/29/Euratom laying down basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the dangers of ionizing radiation [OJ L159]
- [9] Council Directive 2006/117/Euratom on the supervision and control of shipments of radioactive waste and spent fuel [OJ L337/21]
- [10] Council Directive 2009/71/Euratom establishing a Community framework for the nuclear safety of nuclear installations [OJ L172/18]
- [11] ICRP Publication 109, "Application of the Commission's Recommendation for the Protection of People in Emergency Exposure Situations", 2009
- [12] RADIATION PROTECTION 122, "Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption, Part I - Guidance on General Levels for Practices", Part II - Application of the Concepts of Exemption and Clearance to Natural Radiation Sources", Luxembourg (2000).
- [13] IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7: "Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance Safety Guide", 2004
- [14] RADIATION PROTECTION 112, "Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials", 1999
- [15] Commission Recommendation 90/143/Euratom on the protection of the public against indoor exposure to radon [OJ L80]
- [16] WHO Handbook on Indoor Radon, A public Health Perspective (WHO, 2009)
- [17] RADIATION PROTECTION 157, "Comparative Study of EC and IAEA Guidance on Exemption and Clearance Levels", 2010
- [18] ICRP Publication 108, "Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants", 2008



# Contenido de las sextas jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental

Antonio Salvador Baeza Espasa

Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Extremadura, LARUEX  
Facultad de Veterinaria, Cáceres

## RESUMEN

*Las sextas jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental se han desarrollado con una estructura que les va siendo clásica. Así tras la conferencia inaugural, se abordan en seis mesas redondas y desde múltiples perspectivas, tanto los principales problemas existentes y la revisión de las actuaciones realizadas, como se anticipan y discuten los posibles proyectos futuros de actuación. Todo ello encaminado hacia el objetivo común de mejorar el estándar general de la calidad existente en la vigilancia radiológica ambiental en España. Así mismo, se reserva un espacio de las jornadas para la presentación por parte de los integrantes más jóvenes de los diferentes laboratorios participantes, de algún aspecto novedoso de sus investigaciones, tratando de estimular si cabe la necesaria innovación de técnicas y procedimientos.*

*Este trabajo presenta una breve descripción sobre el contenido de la conferencia inaugural y de las diferentes ponencias de las mesas redondas.*

## ABSTRACT

*The sixth conference on "Quality on the Control of Environmental Radioactivity" has been developed with its classic structure. After the inaugural conference, six round tables were carried out in which the major problems detected and the actions taken to solve them were reviewed from multiple perspectives. Possible future projects of action were also anticipated and discussed. All of these discussions were aimed towards the common goal of improving the overall standard of the existing quality level on the radioactive environmental monitoring in Spain. A space for the younger members of the different laboratories participating was also reserved in order to present some new aspects of their researches, trying in this way to stimulate the necessary innovation of techniques and procedures.*

*This paper presents a brief description of the contents of the inaugural conference and the different presentations of the round tables.*

## INTRODUCCIÓN

Progresivamente, la idea que incipientemente nació en 1998 en Bilbao, con la celebración de las primeras jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental, ha ido teniendo continuidad y una aceptación creciente por parte de los organismos, entes y laboratorios que en alguna u otra medida son responsables de binomio calidad y control de la radiactividad ambiental en España. De hecho, a estas sextas jornadas se han inscrito un total de 149 participantes, que pertenecen a la práctica totalidad del precitado espectro de responsabilidades. Además, se ha mantenido una de sus características identificativas, la elevada participación de los asistentes en los debates y discusiones, siendo éstos fácilmente calificables de intensos, francos y constructivos.

## PRINCIPALES CONTENIDOS

### Conferencia inaugural

La conferencia inaugural versó sobre las nuevas Normas Básicas de Seguridad y el papel de vigilancia radiológica del medio ambiente. En la misma se llevó a cabo una revisión de las Normas básicas de Seguridad del Euratom y se detallaron las principales modificaciones previstas. Quizás una de las conclusiones más importante del estatus actual, es que los más de 50 años de vigencia del citado tratado y en particular, de sus artículos 35 y 36, han contribuido significativamente al desarrollo de la vigilancia radiológica ambiental y al control de efluentes en Europa, cambiando los objetivos inicialmente planteados, en base a la experien-

cia durante estos años, ya que por lo general, los niveles radiactivos en el ambiente no tienen una incidencia sobre la salud, a excepción de situaciones puntuales accidentales o de fuentes concretas de origen natural. Desde esta perspectiva el Grupo de Expertos del artículo 31 del Tratado Euratom ha finalizado este año el texto de la nueva Directiva. No obstante, su aprobación definitiva de la propuesta de la Comisión por el Consejo puede retrasarse hasta 2014. La conclusión de su exposición fue que el requisito de la vigilancia radiactiva ambiental sigue siendo imprescindible en sí mismo, además de ser un medio de asegurar el cumplimiento de las normas básicas y que el papel de los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom sigue siendo muy importante, en términos de preservar la transparencia y la exhaustividad de la vigilancia de la radiactividad ambiental en Europa.

### **Primera mesa redonda: Valoración de la implantación del anexo I.D del Real Decreto 140/2003 [1]**

La primera de las mesas redondas analizó desde la múltiple perspectiva aportada por ponentes del Ministerio de Sanidad, del Consejo de Seguridad Nuclear, de la Autoridad Sanitaria de una Autonomía, de una empresa de gestión de aguas potables y de un laboratorio acreditado, los aspectos positivos y en particular, las dificultades encontradas por todos ellos en su correcta implantación e interpretación.

En ella se revisó el origen del Real Decreto 140/2003 [1], la Directiva 98/83/CE [2], los cambios introducidos en su transposición, la publicación del Protocolo explicativo del modo de interpretar y de proceder con el anexo I.D [3] y las actividades normativas en curso de realización, tanto en Europa como en España. Se destacó que el registro del cumplimiento del anexo I.D, a nivel de incorporación de los resultados obtenidos para los niveles radiactivos en las aguas en el SINAC [4] es inferior al 10% para todas las zonas de abastecimiento de España con más de 5000 habitantes, concretándose que para la Comunidad Autónoma de Extremadura se han reportado en 2009 los niveles de radiactividad existentes en el 43% de los abastecimientos censados. Es de destacar que en ambos casos, el porcentaje de abastecimientos que superan alguno de los valores paramétricos del Anexo I.D del Real Decreto es extremadamente pequeño.

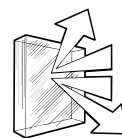
Se identificaron diversos problemas que podrían justificar, al menos en parte, el relativamente bajo porcentaje de cumplimiento del Anexo I.D, a pesar de que los incumplimientos pueden suponer distintos tipos de sanciones a los correspondiente gestores y penalizar seriamente sus futuros



*Planta de tratamiento de agua potable a una población en la que se aplican modificaciones para eliminar gran parte del contenido en uranio que posee dicha agua.*

contratos. Entre otros, los siguientes: A) La falta de desarrollo de la disposición adicional 2ª del Real Decreto 140/2003, en donde deberían fijarse entre otros aspectos y de forma no ambigua, los puntos de muestreo y sus frecuencias. B) La necesidad de minimizar en lo posible las incertidumbres que pueden surgir, entre otros casos sobre ¿cuándo hay que cuantificar la D.I.T. o los niveles de tritio?, ¿qué repercusión tiene sobre el consumo de un agua el que se supere el valor paramétrico de alguno de los índices de actividad alfa o beta?, ¿qué radionucleidos hay que determinar en caso de que se supere alguno de los precitados índices?, ¿cuáles de éstos deben utilizarse en el cálculo de la D.I.T.?, ¿qué requisitos a nivel de L.I.D. u otros aspectos deben establecerse para todas las anteriores determinaciones?. Probablemente, de esta forma se evitarían situaciones como la expuesta en la mesa redonda, en la que tras prohibirse el consumo de un agua porque el índice alfa total superó el valor paramétrico del anexo I.D, se volvió a permitir el mismo tras comprobar durante un año, con cuantificaciones mensuales de la D.I.T., que ésta daba sistemáticamente valores 5 veces inferiores a 0.1 mSv/a. C) Solventar la diferencia de rango legal actualmente existente entre el Real Decreto y el Protocolo del Ministerio de Sanidad o los posibles documentos técnicos que se desarrollen, para mejorar el control radiactividad del agua de consumo. Y un largo etcétera.

Por último, se mostraron ejemplos de aplicación en diferentes plantas potabilizadoras o ETAPs, que demostraban que es actualmente posible implantar procedimientos con costos asumibles e inocuos desde el punto de vista físico químico, que sin embargo permiten reducciones muy notables en los contenidos de uranio y/o de radio que poseen dichas aguas en disolución. Concretamente, se mostró un ejemplo de ETAP en la que la reducción conseguida en la actividad del uranio es del 75 al 85%.



## **Segunda mesa redonda: Revisión de las primeras normas y documentos aprobados para la vigilancia radiológica ambiental.**

La segunda de las mesas redondas es consecuencia de la madurez alcanzada en alguna de las actividades desarrolladas para el aseguramiento de la calidad con respecto a los procedimientos normalmente empleados en los laboratorios. Para ello, diversos representantes de los mismos y de centrales nucleares, que no habían intervenido directamente en la redacción de los citados procedimientos y /o normas UNE publicados con anterioridad al 2004 analizaron como usuarios y desde sus respectivas ópticas, los principales puntos fuertes y débiles que éstos poseen y la necesidad o no de proceder a una revisión de los mismos.



*Toma de muestras de suelo superficial en un plan de vigilancia radiológica ambiental.*

Los procedimientos y en su caso normas UNE presentadas y posteriormente debatidas en esta mesa pueden agruparse en cuatro diferentes grupos. El común denominador de todas las presentaciones fue que los respectivos ponentes consideraron que dichos procedimientos y en su caso sus correspondientes normas UNE, son actualmente útiles y aplicables. No obstante, para algunas de ellas se propusieron diferentes oportunidades de mejora. Así, en las relativas a la recolección de diferentes tipos de muestras, los correspondientes ponentes no encontraron ningún aspecto que debiera actualizarse. En los dos procedimientos relativos a la recepción y conservación de diferentes tipos de muestras, se propusieron por el contrario diversas modificaciones. Éstas se centraron sobre la necesidad o no de encriptar la identificación de las muestras en el laboratorio, o sobre no rechazar el ingreso en el laboratorio de ninguna muestra, en concreto de aerosoles, aunque debido a su deterioro o por otros motivos, el resultado de su análisis sea

rechazable. Así mismo, se propuso el relativizar las exigencias en ellas fijadas para los tiempos y temperaturas de almacenamiento de las muestras antes de su medida o el de las condiciones térmicas para su calcinación. Por el contrario, se echó de menos la ausencia de especificaciones sobre cómo conservar los soportes de captación de radioyodos antes de su uso o sobre cómo proceder con los objetos extraños que suelen adherirse a los filtros de captación de aerosoles, en especial en los de alto flujo. Un tercer grupo, lo integra un único documento sobre la separación radioquímica de estroncio sobre matrices de suelos y sedimentos y del que en la ponencia se analizó en detalle el procedimiento descrito en su anexo B. Se destaca del mismo su total viabilidad, sugiriendo no obstante la introducción de posibles mejoras puntuales, tanto en el ataque inicial de la muestra para evitar propulsión de parte de la misma, con las consiguientes pérdidas de muestra o en adaptar los volúmenes tanto de los reactivos usados, como de la muestra durante el proceso de separación radioquímica, a las cantidades inicialmente tratadas de la misma. El último grupo de procedimientos se refirieron a la determinación de los índices de actividad alfa o beta en muestras de agua. Ambos ponentes destacaron la variabilidad intrínseca existente en la aplicación de los correspondientes procedimientos, por otra parte fácilmente calificables de muy sencilla aplicación. En cuanto a la determinación de los índices beta se sugiere incluir en una futura redacción, tanto información sobre parámetros que permitan cuantificar la calidad del método, como una identificación de las contribuciones mas relevantes de la incertidumbre global, además de la del propio recuento. Por lo que al índice alfa se refiere, se presentó el alcance y objetivos de un proyecto de investigación, que financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear pretende delimitar en la medida de lo posible la precitada variabilidad intrínseca del actual procedimiento. Dicho proyecto pretende pues proponer una nueva versión del actual procedimiento que concrete, con el correspondiente soporte experimental, unas redacciones mucho más detalladas, de forma que a la par de que se restringe la variabilidad del resultado, el que se ofrezca del índice alfa total debe ser lo más representativo posible del contenido en emisores alfa presentes en la muestra analizada.

Tras dichas presentaciones se produjo un intenso debate a favor y en contra de las modificaciones sugeridas, lo cual reafirma el convencimiento de que aunque se ha avanzado sensiblemente con la publicación del grupo de procedimientos y normas UNE analizadas en esta mesa redonda, puede ser más que conveniente el planificar su futura revisión, como en algún caso ya se está llevando a cabo.

**Tercera mesa redonda: Nuevas iniciativas para el aseguramiento de la calidad en los laboratorios de radiactividad ambiental.**

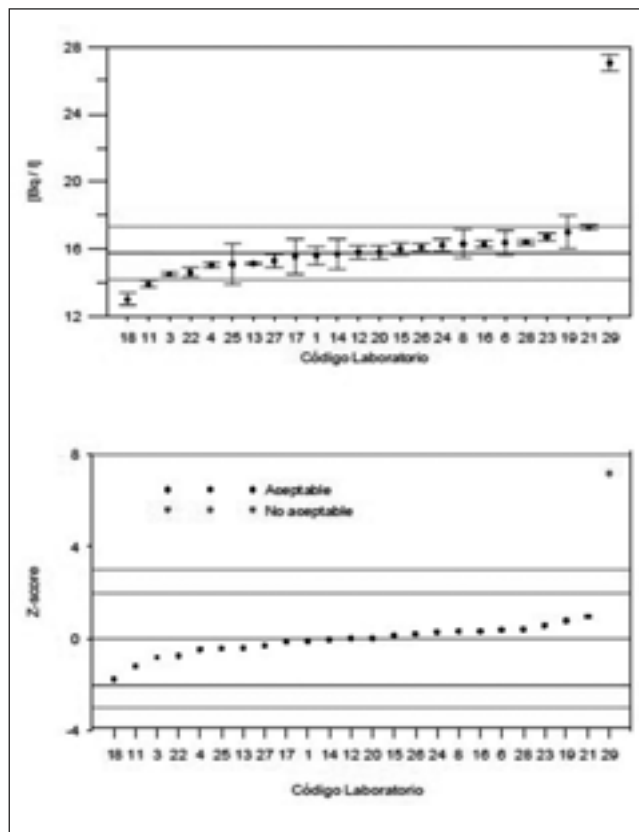
La tercera de las mesas redondas tenía el doble carácter de dar por un lado a conocer a todos los interesados las iniciativas que tanto han emprendido el grupo de laboratorios acreditados en España en base a la norma ISO-UNE-17025 [5], como el organismo responsable de la protección radiológica ambiental, el Consejo de Seguridad Nuclear, CSN y el de acreditar la competencia técnica de los laboratorios, la Entidad Nacional de Acreditación, ENAC. De nuevo pues y desde la precitada múltiple perspectiva se revisan los avances experimentados en las iniciativas llevadas recientemente a cabo.

En primer lugar, el ponente de ENAC plantea los diferentes beneficios que tiene la declaración de la competencia técnica de un laboratorio, no sólo para dicho laboratorio, sino también en general para los clientes del mismo y mas en concreto, para la administración. Se detalla algunos de los trabajos que éste organismo está realizando con el CSN en aras a mejorar y optimizar los procesos de acreditación en sectores tan específicos como es el campo de la radiactividad. En concreto y como un primer fruto de dicha colaboración, se está trabajando conjuntamente con la Subdirección de Protección Radiológica Operacional del CSN en un documento que especifique los criterios para la acreditación de unidades técnicas de protección radiológica, UTPRs, dentro del ámbito de instalaciones de Rayos X con fines de diagnóstico médico, en base a la norma UNE-EN ISO/IEC 17020:2004 [6].

Por su parte, desde el CSN se revisaron los diferentes tipos de publicaciones que llevan a cabo con respecto a la Vigilancia Radiológica Ambiental, VRA. Éstos se clasificaron en I.- Informes Técnicos, entre los que se encuentran los diferentes documentos o procedimientos sobre VRA, II.- Guías de Seguridad Nuclear, III.- Informes al Parlamento y IV.- Coediciones, en donde se ubican las recopilaciones de las ponencias habidas en las anteriores Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental. Para contribuir positivamente al proceso de mejora continua que supone la edición de los precitados documentos/procedimientos, se señaló que es imprescindible el detectar sus posibles problemas mediante: a) la pertinente formación sobre los mismos, un buen ejemplo de ésta pueden ser los cursos que periódicamente organizan Enresa, la SEPR y el CSN sobre la toma de muestras de suelos, sedimentos y aerosoles; b) su implantación crítica por los diferentes usuarios y c) las comprobaciones que al respecto realiza el CSN mediante

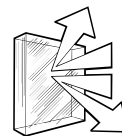
sus inspecciones y auditorías. A partir de todo este conjunto de acciones pueden llegarse a identificar la existencia de dificultades de implantación en aspectos puntuales de procedimientos tales como los de muestreo de sedimentos, de depósito total o de tritio atmosférico. Para impulsar aún más si cabe la realización de comentarios que favorezca la mejora continua de los procedimientos existentes sobre VRA, se anunció que próximamente la página web del CSN contendrá un foro en donde canalizar dichos comentarios y observaciones, en base a las que plantear en su caso, sus posibles revisiones.

Las presentaciones de las actividades desarrolladas autónomamente por los laboratorios se centraron en dos aspectos. En primer lugar se comentaron algunos de los resultados obtenidos en la intercomparación programada para su ejecución durante 2009. Ésta se llevó a cabo sobre tres muestras de agua, dos de la cuales contenían actividades bien conocidas de los siguientes radionucleídos: <sup>241</sup>Am, <sup>240</sup>Pu, <sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co, <sup>109</sup>Cd, <sup>40</sup>K, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po y <sup>90</sup>Sr la primera, y de <sup>14</sup>C la segunda. Por su parte, la tercera muestra era un



Resultados obtenidos para el contenido en Cs-137 (Bq/l) presentes el agua utilizada para la intercomparación organizada en 2009 por los laboratorios acreditados.





agua natural con un contenido inicialmente desconocido de  $^3\text{H}$ . La participación en el ejercicio puede calificarse de muy amplia, ya que 27 laboratorios emitieron resultados para alguno de los radionucleidos o índices solicitados. Se presentó la metodología seguida en la evaluación de los resultados, basada en los siguientes parámetros: a) el test de Dixon para los datos aberrantes, en el caso de intercomparar resultados relativos a muestras en las que se desconoce el valor del índice o de la actividad buscada; b) el sesgo o la desviación porcentual; c) la z-score; d) la exactitud, exclusivamente para aquellos radionucleidos cuya actividad en la muestra era bien conocida; e) y la precisión. En base a dichos parámetros, se analizó el número de fallos observados en los resultados remitidos por los laboratorios intervinientes, llegándose a la conclusión de que éste es relativamente pequeño en la precisión de las medidas efectuadas, en cualquier caso menor que el número de fallos encontrados para la exactitud de las mismas. En segundo lugar, se presentó un documento que se está elaborando en donde se pretende describir los requisitos mínimos que deben satisfacerse para considerar validado un método de ensayo (bien sea éste de desarrollo propio o consecuencia de la utilización de uno ya existente suficientemente avalado) sobre una matriz o conjunto de ellas, en el ámbito de la radiactividad y de acuerdo con la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 [5]. Con el fin de simplificar al máximo razonable el número de validaciones precisas se propone al respecto dos criterios: a) que al validar un método de ensayo sobre la matriz más complejas sobre las que éste puede aplicarse, puede considerarse así mismo validado para las restantes matrices más simples sobre las que explícitamente se detalle; b) que se propone una estrategia de validación, por lo que al número de concentraciones y réplicas hace referencia, con diferentes niveles de exigencia en función de los antecedentes del método a validar. En todos los casos, se identificaron como parámetros básicos de toda validación, la determinación de su: exactitud, precisión, límite de detección, incertidumbre y especificidad, detallándose en su caso las peculiaridades existentes para los principales tipos de métodos de ensayo. Por último se expuso la propuesta efectuada sobre el contenido mínimo que debe poseer los preceptivos informes de validación.

#### **Cuarta mesa redonda: Propuesta de protocolos de actuación para valorar actividades NORM.**

La cuarta de las mesas redondas viene a ser el colofón de una serie de presentaciones habidas en Jornadas de Calidad precedentes, sobre los progresos realizados en las distintas investigaciones llevadas a cabo en España,

sobre el impacto radiactivo/dosimétrico que un conjunto de actividades identificables como NORM pudieran tener en nuestro país. Estos proyectos de investigación, que fueron promovidos por el Consejo de Seguridad Nuclear, debían necesariamente terminar con una propuesta de protocolo de actuación, que en base a la experiencia adquirida, estableciese propuestas futuras de actuación para valorar en el impacto producido por una actividad del mismo tipo que las estudiadas.

Las presentaciones realizadas en esta mesa redonda se pueden agrupar en tres grupos, atendiendo al tipo de actividad NORM estudiada. Un primer grupo, corresponde a aquellas referidas a industrias en las que se utilizan cantidades muy importantes de materiales, que son transformados en las mismas, bien para obtener a partir de ellos nuevos productos o para producir energía. Este es el denominador común de las cuatro presentaciones realizadas sobre las industrias de producción de fosfatos, las de dióxido de titanio, las de materiales cerámicos y las centrales térmicas de carbón. En todas ellas y dada su envergadura y en principio, su posible impacto, se plantea la valoración del impacto no sólo para los trabajadores, sino también para su medio ambiente y la población existente en el mismo. Con las lógicas singularidades de los enfoques concretos realizados para cada tipo de industria, en todas las presentaciones se encuentran denominadores comunes en cuanto a las propuestas realizadas de protocolo de actuación. Se indica que todos ellos deben lógicamente partir de un buen conocimiento del proceso industrial a analizar. Debe conocerse los materiales a utilizar, no sólo desde el punto de vista de sus concentraciones radiactivas, sino también las cantidades empleadas, los flujos que siguen en la industria y su entorno, las transformaciones que experimentan, con especial atención a los cambios estructurales, a los enriquecimientos



*Central térmica de carbón, típico ejemplo de industria NORM.*

de concentraciones radiactivas que pueden experimentar y a los lugares en donde se pueden acumular. A partir de ello y con un conocimiento también detallado de las actividades que realizan los trabajadores durante todo ese proceso, se deben identificar las vías por las cuales tanto éstos, como el ambiente pueden experimentar un impacto radiactivo significativo. Todos esos elementos han sido las bases sobre las que establecer los correspondientes programas de muestreo y de determinación de actividades para radionucleidos característicos de las series radiactivas naturales, bien por su relativamente largo periodo o por su posible acumulación, como es el radón. Otro aspecto común a destacar en los planteamientos de protocolo efectuados, es la actuación por fases. Es decir, que las determinaciones de concentraciones radiactivas y las estimaciones de dosis por las diferentes vías significativas, han de ser tanto más exhaustivas cuanto mayor sospecha se obtenga en la fase anterior del estudio de que puede existir un impacto al menos comparable a niveles de referencia tales como 1 mSv/a para trabajadores y 0,3 mSv/a para público en general. Así mismo, se propone que dicha intensificación de valoraciones se lleve a cabo sólo sobre el área, grupo de trabajadores, vía de exposición, o actividad concreta en donde se estime necesario.

En cuanto al uso de materiales toriados, su actual uso está relativamente limitado. En España, prácticamente la única actividad por la que podría producirse algún impacto radiactivo es con su utilización en soldaduras especiales. Por ello, los autores del correspondiente estudio se han centrado en las mismas, identificando los dos momentos en los que su impacto sobre los trabajadores podría no ser despreciable. Concretamente, durante su almacenamiento y en el momento de su uso. Para ambas situaciones han propuesto una metodología sencilla de estimación de las cantidades y tiempos máximos recomendados para garantizar que el impacto dosimétrico sea despreciable.

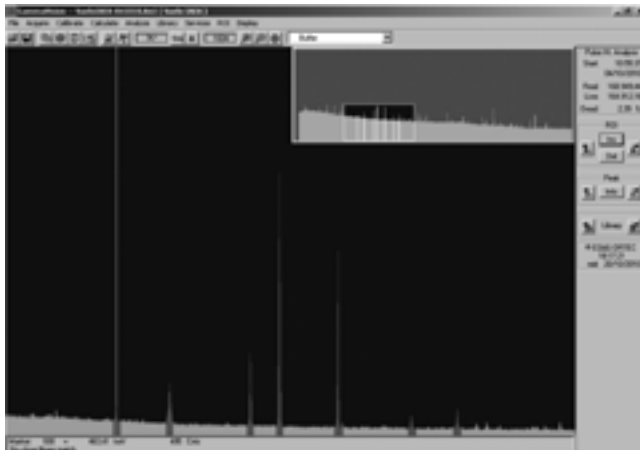
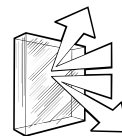
El tercer grupo de actividades está directamente relacionado con el impacto debido a la presencia de radón en lugares de trabajo subterráneos, tales como minas. Se propone que para una correcta valoración del incremento de dosis que incorporan los citados trabajadores debe utilizarse una combinación de sistemas activos y pasivos de medida, dado los problemas que dicha cuantificación tiene, debido al frecuentemente elevado grado de humedad y a la presencia de significativas concentraciones de aerosoles en dichas instalaciones. Se concluye e identifican el gran número de variables que influyen en las dosis recibidas y debido a ello se hace hincapié en que la integración de las dosis sólo abarque el horario de permanencia de cada trabajador.

### **Quinta mesa redonda: Dificultades analíticas en espectrometría gamma**

La quinta de las mesas redondas aborda, por solicitud previa de algunos de los participantes en las jornadas, algunos de los principales tipos de problemas y soluciones con los que se pueden enfrentar casi diariamente los laboratorios de radiactividad ambiental, al intentar mejorar la utilización de una de las técnicas multielementales no destructiva de uso más frecuente en los mismos, la espectrometría gamma. Éste se abordó de nuevo desde diversas ópticas, tanto la generalista de la aplicación de la técnica en muestras ambientales, como centrándose en el proceso del calibrado en eficiencias de los espectrómetros y finalmente en los problemas/soluciones que pueden existir para sacarle el máximo partido posible a programas comerciales de análisis de espectros.

La visión global de las principales dificultades en el análisis de los espectros gamma de muestras ambientales, se centró en diversos puntos, de entre los que debe destacarse la necesidad de poseer un profundo conocimiento del espectro de fondo que registra cada espectrómetro. Para ello es imprescindible conocer la localización y peculiaridades de los fotopicos más intensos emitidos por radionucleidos pertenecientes a la serie del  $^{238}\text{U}$  (fundamentalmente los debidos a:  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  y  $^{210}\text{Pb}$ ), y a la del  $^{232}\text{Th}$  (fundamentalmente los debidos a:  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$  y  $^{208}\text{Tl}$ ). Así mismo, se enumeran las principales dificultades identificables en los espectros, tales como la identificación del pico de absorción total, la determinación de la región del Compton, la presencia de emisiones x o gamma con prácticamente la misma energía, etc. En particular, se realiza un análisis detallado de las principales interferencias presentes en un espectro ambiental desde los 46,5 keV del  $^{210}\text{Pb}$  a los 1460 keV del  $^{40}\text{K}$ , analizando en cada caso el modo de proceder para la correcta asignación del área de los fotopicos considerados. En definitiva, se destaca que a pesar de la existencia de programas de análisis muy potentes, éstos pueden producir resultados erróneos, haciéndose imprescindible la supervisión de los mismos por un analista experto.

Por otra parte, la realización del necesario calibrado en eficiencias se abordó desde la doble perspectiva, experimental y simulada. En cuanto a la primera de las alternativas se hizo hincapié en aspectos tales como la preparación del patrón, la desintegración de los radionucleidos que lo integran, el tiempo muerto de la medida, el apilamiento de señales y el efecto cascada. Siendo todos ellos claves, sin duda la preparación del patrón es crítica al tener que reproducir éste las características de las muestras para cuyo análisis se va a



Típico espectro gamma de muestra ambiental. Suelo-6 de la IAEA.

utilizar y que normalmente pueden ser relativamente variables y a priori desconocidas. Por ello, se analizaron aspectos tales como la composición del patrón, por la importancia que ésta tiene en la autoabsorción, los tratamientos previos a realizar, las diferentes geometrías a utilizar y en su caso, el grado de llenado de las mismas. En definitiva, se concluye lo importante que es que cada laboratorio, previamente a iniciar el proceso de calibración en eficiencias, defina sus necesidades como consecuencia del tipo de medidas que pretende llevar a cabo, para de esta forma poder tener en cuenta todos y solamente aquellos factores que le afectan, para aplicar en su caso las correcciones necesarias a las calibraciones realizadas. En cuanto a la alternativa de realizar el calibrado en eficiencias mediante simulación por Monte Carlo, tiene la indudable ventaja de que con esta técnica se reducen las fuentes de incertidumbre ligadas a la preparación de la fuente, por lo que al tipo de matrices y geometrías hace referencia. Sin embargo, no está exenta de dificultades, tales como: 1) Que debe conocerse las características (geometría – tamaño del cristal, de la ventana y distancia entre la ventana y el cristal - y composición) más relevante del sistema de medida a utilizar; 2) Que para validar los resultados deben compararse los resultados obtenidos con valores experimentales, seleccionando para ello, a diferentes geometrías tipo; 3) Que para la determinación de las incertidumbre, dado que el método sólo proporciona las asociadas a la estadística del conteo, debe asignarse las incertidumbres relativas extraídas de los valores experimentales utilizados en la validación. Del balance de pros y contras de ambas aproximaciones se deduce que en absoluto son excluyentes, sino más bien complementarias.

La existencia de potentes códigos de análisis ha facilitado sin duda el uso de esta técnica analítica, aun cuando la necesaria amplitud y complejidad de dichos programas aparece frecuente como un hándicap, al convertirlos aparentemente para sus usuarios en cajas cerradas. Sin embargo,

en la ponencia se demostró para uno de dichos programas, concretamente para el Genie 2000 [7], cómo es posible su adaptación relativamente sencilla y rápida, con el fin de responder a las diversas necesidades que pueden existir en los laboratorios. Para ello, es básico conocer la ubicación de la información en el mismo, las herramientas para su uso y las posibilidades que éstas ofrecen. En concreto, en la ponencia se presentaron diversos ejemplos de utilidad, para entre otras posibilidades: obtener salidas personalizadas de los resultados, transportar información a y desde bases de datos y realizar controles de calidad.

### **Sexta mesa redonda: Estatus actual y perspectivas de diversas actividades en radiactividad ambiental**

Por último, en la sexta de las mesas redonda se efectúa un planteamiento que parece ya obligado en las Jornadas, el analizar algunas de las actividades que se están llevando a cabo, con la finalidad fundamental de intentar conocer hacia dónde deben encaminarse los futuros objetivos de calidad, e iniciar consecuentemente el planteamiento de las posibles líneas futuras de actuación.

En la primera de las presentaciones se detallaron los objetivos que inspiraron la creación de la Red RADNA [8], que pueden resumirse en: a) Integrar a todos los grupos que trabajen en radiactividad natural; b) Identificar los potenciales usuarios finales de esos tipos de estudios; c) Crear una base de datos de I+D+i; d) Desarrollar una masa crítica de investigadores que permita plantear proyectos coordinados a nivel español y de la Unión Europea; e) Intercambiar conocimientos y difundir la información existente sobre radiactividad natural. A la Red se asociaron 27 laboratorios y el nexo visible de la misma lo constituye la página web del grupo, de la que se presentaron sus novedades y evolución de utilización.

En la segunda de las ponencias se revisaron someramente las actividades que están llevando a cabo un grupo de laboratorios tendentes a la mejora continua de la calidad. Con tal fin se están desarrollando criterios para la realización de: intercomparaciones, validaciones, calibraciones y controles internos, entre otros. Con respecto a las intercomparaciones, ya se ha presentado la primera de las efectuadas y dado que la programación inicialmente realizada ha sido englobada dentro de la programación del Consejo de Seguridad Nuclear, se indicó que se revisará cualquier futura necesidad que al respecto pueda surgir. En cuanto a las validaciones también se ha presentado en las presentes Jornadas el borrador que se está desarrollando. Por lo que a las calibraciones y controles internos, éstos son los dos nuevos temas

a abordar en breve. Por último, se revisaron los objetivos que han impulsado la celebración de las diferentes Jornadas de Calidad, que a juicio del ponente siguen siendo válidos para el futuro: a) discutir problemas particulares y generales en el campo de la radiactividad ambiental y b) ayudar a la mejora continua de los resultados que se ofrecen.

La tercera de las presentaciones versó sobre la red mundial de vigilancia de radionucleidos del tratado de prohibición completa de ensayos nucleares, o CTBTO [9] que data de 1996. Entre otras actividades, impulsa la existencia de un sistema internacional de vigilancia, integrado por 321 estaciones, 80 de las cuales son de detección de radionucleidos, 40 de ellas con detección de gases nobles y apoyados por 16 laboratorios, que sistemáticamente trasladan sus resultados al centro internacional de datos de Viena. Cada Estado que la integra determina una Autoridad Nacional para mantener el enlace con la CTBTO y con los demás Estados miembros, designando además un centro nacional de datos (el Instituto Geográfico Nacional en España) y aquellos centros que poseen la capacidad de recibir informaciones.

En la última de las intervenciones, correspondiente al Consejo de Seguridad Nuclear, se revisaron las estrategias promovidas por éste organismo para la mejora de la calidad en los datos de la vigilancia radiológica ambiental. Se indicó cómo entre 1991 y 1999 la red de vigilancia quedó finalmente constituida en su actual dimensión de 21 laboratorios. Que lógicamente optar por el actual diseño tiene una serie de ventajas e inconvenientes. Entre las primeras, la creación de una infraestructura nacional, el fomento de la formación especializada y de la confianza de la sociedad. Por lo que a los inconvenientes se refiere, las dificultades en la gestión, un coste elevado y problemas técnicos ligados a la comparabilidad de los resultados. Que desde ese momento el CSN ha participado en una serie de hitos tendentes a la mejora de la calidad, que van desde su impulso y participación activa en las seis Jornadas de Calidad ya realizadas, hasta la constitución de grupos de trabajo para la elaboración de documentos sobre normas, calibraciones e incertidumbres. Así mismo se indicó que se ha producido la publicación de procedimientos normalizados, o normas UNE, la acreditación de diversos laboratorios y la interacción del CSN con ENAC y la participación en comités internacionales. Todo ello hace que deba repensarse el actual papel del Consejo, que podría identificarse como: a) el de establecer criterios para el desarrollo de la red nacional de vigilancia; b) el de aportar recursos para su implantación y gestión; c) el de promover e impulsar actividades que mejoren la calidad (participación activa de sus técnicos, organización de ejercicios inter laboratorios, publicación de procedimientos y documentos,



Esquema de infraestructuras y comunicaciones de la red mundial de vigilancia de radionucleidos del tratado de prohibición completa de ensayos nucleares, o CTBTO.

etc.). Se enunció finalmente que dicho papel futuro del CSN debería basarse en los siguientes dos aspectos: 1.- Buscar el necesario equilibrio como Organismo regulador, perceptor de unos resultados y colaborador en las actividades desarrolladas por los laboratorios que trabajan en radiactividad ambiental; 2.- Definir la necesidad futura de la acreditación de los antes citados laboratorios, para lo cual el CSN y ENAC han elaborado un acuerdo de colaboración en base al cual se definirán los criterios para dichas acreditaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Con estas breves líneas deseo agradecer el trabajo realizado por todos los que intervinieron en el desarrollo de las Sextas Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental. En particular deseo mencionar a la persona que impartió la conferencia Inaugural y a los Ponentes de todas las mesas redondas, cuyas intervenciones me he permitido resumir e interpretar para el presente trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Boletín Oficial del Estado nº 45 de 21 de febrero del 2003. Páginas 7228 - 7245
- [2]. Directiva 98/83/CE del Consejo. Relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, de 3 de noviembre de 1998. Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 330/32 de 05 de diciembre de 1998.
- [3]. Protocolo para el control de la radiactividad en el agua de consumo humano. Secretaría General de Sanidad. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo. Versión 6. Octubre de 2004
- [4]. SINAC: Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo. Ministerio de Sanidad y Política Social. <http://sinac.msc.es/sinac/homeEstatica.html>
- [5]. Norma ISO-UNE-17025. Criterios Generales para la acreditación de laboratorios de ensayo y calibración. CGA-ENAC-LEC. Rev.3. Julio 2005.
- [6]. UNE-EN ISO/IEC 17020:2004. Criterios generales para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección.
- [7]. <http://www.canberra.com/products/831.asp>
- [8]. <http://www.redradna.com/default.htm>
- [9]. <http://www.ctbto.org/>



# Control de calidad en los laboratorios de medida de radiactividad

Fernando Legarda Ibañez<sup>1</sup>, Rafael García-Tenorio García-Balmaseda<sup>2</sup>,  
Rafael Núñez Lagos<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos. Universidad del País Vasco.

<sup>(2)</sup> Grupo Física Nuclear Aplicada, Universidad de Sevilla.

<sup>(3)</sup> Departamento de Física Teórica (Área Nuclear), Universidad de Zaragoza.

## RESUMEN

*En los laboratorios dedicados a la medida de la radiactividad se considera que un adecuado control de la bondad de una determinación pasa, entre otras cosas, por tener controlados parámetros que afectan tanto a los equipos como a los reactivos y trazadores. En este trabajo se exponen algunos de ellos, describiendo algunos de los problemas asociados a su adecuado control y esbozando posibles soluciones. A continuación, se considera la realización de las determinaciones de rutina, planteando en este caso como un adecuado control de la bondad de los resultados impone el chequeo de todo el sistema, desde la recepción de una muestra hasta la remisión de los resultados.*

*Por otra parte, se describen y analizan las ventajas e inconvenientes de realizar la extensión de este sistema de control y contemplar, asimismo, el control de la gestión y funcionamiento de todo el laboratorio, con objeto de obtener la acreditación como reconocimiento externo y ante terceros. También se compara la acreditación con la otra posibilidad de reconocimiento externo, la certificación. Estableciendo la primera de ella como mecanismo adecuado que controla no solo el procedimiento de medida sino también el sistema de gestión.*

## ABSTRACT

*In those laboratories involved in the measurement of radioactivity it is considered that a good determination requires, among other issues, an adequate monitoring of equipment performance and reagents as well as tracers.*

*In this paper some of the parameters of equipment performance are described together with some of the problems associated with their control and outlining possible solutions. Later, routine determinations are considered. For it is taken into account that an adequate control of the goodness of the results requires checking the whole measurement system, from sample reception to results delivery.*

*In addition, the pros and cons of carrying out the enlargement of the control system so as to include management and performance of the laboratory as a whole in order to obtain an accreditation as external acknowledgement of well doing are discussed.*

*Finally, this kind of acknowledgement, accreditation, is compared with the other kind of external acknowledgement of well doing: certification, establishing the former as the adequate way of controlling not only the measurement process but also the management system.*

## INTRODUCCIÓN

Los laboratorios de medida de la radiactividad no constituyen una excepción en el contexto de los laboratorios que proporcionan resultados en diferentes segmentos medioambientales o no, de los cuales pueden depender decisiones industriales, sociales o políticas. Ahora bien, el campo de la radiactividad se mueve en unos parámetros socioeconómicos y también científicos, que le confieren un carácter un tanto especial.

En el terreno socioeconómico, hay que señalar lo que es una evidencia incuestionable, el interés, cuando no el miedo, generalmente asociado al desconocimiento, de la población cuando se trata de temas relacionados con la radiactividad o, en general con el sector nuclear, interés que hace que en primer lugar los medios de comunicación se ocupen preferentemente de las noticias negativas relativas a este sector y, en segundo lugar, que estas noticias sean seguidas habitualmente de forma sensacionalista y con temor.

En los aspectos científicos, hay que recordar algunos puntos fundamentales que, aunque ampliamente conocidos, no siempre están presentes a la hora de valorar los resultados que se obtienen en las realizaciones de las medidas: Por una parte, el desarrollo en los instrumentos de medida hace que las cantidades que se puedan llegar a detectar sean extraordinariamente pequeñas frente a los valores habituales en otros tipos de medidas; pero por otra parte, la radiactividad como proceso físico, tienen un carácter aleatorio o probabilístico y además existe de forma natural en el medio ambiente, por lo que el cero es un valor teóricamente y prácticamente excluido de cualquier determinación.

En este contexto no siempre es fácil que se entienda y se valore adecuadamente el significado real de los datos reportados y, por ende, que cualquier explicación no acabe resultando sospechosa para la población. Ello hace que se tenga que ser extraordinariamente cuidadoso con los datos que se proporcionan, con su fiabilidad y, por lo tanto, con su calidad. A lo largo de este artículo se va a entender calidad como el grado de cumplimiento de los requerimientos del cliente.

Un adecuado control de la bondad de una determinación pasa no solo por tener controlados parámetros que afectan tanto a los equipos como a los reactivos y trazadores, sino también otras cuestiones referentes a la gestión del laboratorio, entre las cuales hay que citar por su especial importancia, la formación y correcta supervisión del personal.

Sin embargo, en este artículo nos vamos a limitar a la exposición de algunos de los parámetros a controlar de entre los que afectan a los equipos y a los reactivos y trazadores, describiendo algunos de los problemas asociados a su adecuado control y esbozando posibles soluciones. A continuación, se considera como para las determinaciones de rutina, un adecuado control de la bondad de los resultados impone el chequeo de todo el sistema desde la recepción de una muestra hasta la remisión de los resultados.

Por último, se describen y analizan las ventajas e inconvenientes de optar por sistemas de garantía internos o externos. Y, se comparan las dos posibilidades de reconocimiento externo, la acreditación y la certificación. Estableciendo la primera de ella como mecanismo adecuado que controla no solo el procedimiento de medida sino también el sistema de gestión.

### **METODOLOGÍA**

De entre los puntos fundamentales de los que dependerá la fiabilidad de un resultado, los procesos que rodean a los mecanismos de preparación de muestras, con o sin radioquímica,

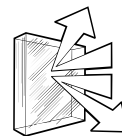
ca, y de medida, puede ser considerados los más críticos en un laboratorio. Esto implica que una adecuada realización de los siguientes puntos debe ser abordada:

#### **Sobre los equipos:**

- *Mantenimiento preventivo y correctivo.* Nunca se insiste suficientemente en la necesidad de realizar estos mantenimientos, que en principio abarcan a algo más que los meros equipos de detección nuclear, espectrómetros y contadores, sino que en un laboratorio de las características que nos ocupan, en bastantes ocasiones con una amplia componente instrumental dedicada a la preparación y colección de muestras, debe abarcar también al instrumental con él relacionado, considérese por ejemplo el caso de las estufas, sistemas de electrodeposición, colectores de aerosoles, etc.
- *Calibración.* La calibración de los equipos es una de las facetas más importantes en el proceso del aseguramiento de la calidad de los ensayos. La bibliografía y normativa existente al respecto, es abundante [1, 5-7, 9, 10]. Ahora bien, después de una calibración inicial, en la cual se comprueban las condiciones de funcionamiento del equipo, así como la adecuación de sus características a los datos proporcionados por el fabricante, hay cuestiones que surgen de manera inevitable: ¿Cada cuanto es necesario recalibrar un equipo? ¿Cómo?. En el campo que nos ocupa, estas cuestiones no son baladíes, pues la calibración no solo es una actividad que consume mucho tiempo y recursos económicos sino que no siempre su realización va a redundar en una mejora en la calidad de las medidas.

La inmensa mayoría de los laboratorios siguen la premisa de calibrar utilizando fuentes de calibración preparadas de igual manera que las muestras a medir y, a ser posible, sobre la misma matriz, trazada con cantidades certificadas del radionucleido o radionucleidos de interés. Esto determina que se deban comprar materiales de referencia certificados, generalmente en estado líquido, y después cada laboratorio deba preparar sus propias fuentes de calibración.

Este proceso, de preparación de patrones, se repite, en general, cada cierto número de años, debido no solo al decaimiento radiactivo de la fuente, sino al posible deterioro de esta. Es decir no se está calibrando cada vez con el mismo patrón, recalibrado, por un laboratorio certificado para ello cada cierto número de años, sino que cada cierto tiempo, se preparan nuevos patrones y, entre dos preparaciones, se utiliza el mismo patrón, sometido a



procesos de decaimiento y/o, en su caso, de deterioro o degradación.

En este contexto, hay que plantearse si no es mayor el error introducido con este sistema de calibraciones, que si se asume la calibración inicial como real y se controlan las características de los equipos de forma rutinaria. Esto implicaría, por ejemplo, en el caso de la espectrometría gamma, que una vez calibrado inicialmente con fuentes de diferente composición y geometría, se pudieran realizar controles con fuentes solidas, puntuales y de largo periodo, es decir más estables tanto desde el punto de vista físico como químico. Solo en la situación de un cambio de características en el equipo que superase los intervalos de tolerancia señalados por el propio laboratorio, se debería proceder a la recalibración de este. Lógicamente, habría que tener especial cuidado en el diseño adecuado de estos controles, de manera que fueran suficientemente efectivos para detectar todos los posibles cambios en el detector, por ejemplo, situando la fuente puntual en diversas localizaciones sobre el detector, de manera que deterioros en zonas específicas del detector puedan manifestarse.

Consideración aparte merece el proceso de recalibración, fundamentalmente en el caso de la espectrometría gamma. Establecidas en un momento inicial las calibraciones en eficiencia para diferentes geometrías, si se recalibra el equipo será por una pérdida de características, de forma general, esta pérdida puede ser debida a la electrónica asociada al detector o al mismo detector.

En el caso en que sea de origen electrónico o bien que se manifieste de forma homogénea sobre todo el detector, se manifestará de igual manera en un determinado radionucleido independientemente de la geometría en que este encuentre. Por ejemplo, si en un detector la pérdida de características se manifiesta en una pérdida de eficiencia del 10% para la energía del  $^{137}\text{Cs}$ , esta pérdida se manifestará en todos los patrones que contengan  $^{137}\text{Cs}$ , al margen de la forma física o química de estos. Esto sería equivalente a considerar que las recalibraciones se podrían hacer para un solo patrón, y utilizar factores de paso para obtener los valores de las eficiencias en los otros.

Ahora bien, si el cambio de características afecta a una zona específica del cristal, el efecto puede ser distinto sobre fuentes de calibración extensas y puntuales. Sin embargo, bastaría con recalibrar con dos patrones de muy diferente geometría y verificar la estabilidad de los factores de paso. Solo en el caso de que esta estabilidad

no se manifestará, habría que proceder a recalibrar con todas las geometrías necesarias.

Una alternativa a estos procedimientos, puede ser la utilización de métodos de Monte Carlo, sin embargo, en el momento actual, este prometedor método adolece de algunas dificultades, como es el conocimiento exhaustivo necesario de la composición y geometría de los detectores, su evolución, en caso de deterioro y las dificultades para validar los diferentes programas.

Estas cuestiones de rango más general se completan con otras más específicas, por ejemplo, las relativas a la calibración de los espectrómetros alfa. ¿Es realmente necesario calibrar en eficiencias un espectrómetro alfa? Los cálculos de concentración de actividad se realizan habitualmente por comparación con el registro proporcionado por un trazador, por lo tanto, el resultado proporcionado no va a depender de la calibración del equipo, este parámetro solo sirve para evaluar el rendimiento de una separación radioquímica. Por lo tanto, bastaría con controles periódicos que permitieran analizar la estabilidad del equipo.

- *Controles de funcionamiento y mantenimiento de características.* Después de una calibración inicial, este procedimiento podría ser la piedra angular de la influencia del equipo en la calidad de las determinaciones realizadas. Las definiciones de los controles a realizar suelen estar bien definidas y los componentes necesarios, en función de los equipos, también: generadores de pulsos u ondas, osciloscopios y patrones [2-4, 8, 11-12], Ahora bien, lo que no está tan bien definido es la frecuencia de estos controles, ni tampoco cual es el mejor método para extraer conclusiones de estos controles, conclusiones que permitan definir en qué momento la pérdida de condiciones del equipo es tal que requiere algún tipo de intervención o recalibración. La definición de las frecuencias de calibración y de los intervalos de tolerancia de los diferentes sistemas sujetos a control, son dos puntos clave en el diseño de un sistema de calidad en el laboratorio, y por lo tanto deben ser especialmente planificados y diseñados.

### **Sobre las determinaciones:**

- Control de reactivos, trazadores y radionucleidos. La mayor parte de los reactivos químicos tienen su fecha de caducidad, y, generalmente, cualquier laboratorio tiene implementada una fecha de caducidad para las preparaciones que realiza a partir de ellos, fecha que dependerá de criterios puramente químicos. Habitualmente,

el periodo de vida que se les aplica suele ser breve, del orden de meses.

Sin embargo, no sucede lo mismo con los patrones y trazadores radiactivos, que se suelen suministrar sin fecha de caducidad. Suelen ser soluciones en ácidos concentrados, por lo que su estabilidad es elevada, ahora bien, también se encuentran sometidos a diferentes procesos de degradación como puede ser la adsorción a las paredes del recipiente que lo contienen, la evaporación de parte de la solución si no son preservados adecuadamente, y los efectos del decaimiento radiactivo, con incertidumbres en el periodo de semidesintegración que, en algunos radionucleidos pueden ser no despreciables. Cuando a partir de estas disoluciones, se preparan otras o, en su caso, patrones sólidos, los valores de referencia de estos, que servirán para el cálculo de los valores correspondientes de eficiencias del equipo, concentraciones de actividad en las muestras o rendimientos de separación, pueden no ser los previstos.

Ciertamente, parece que considerar un trazador como de validez indefinida no es lo más adecuado, ahora bien, desde un punto de vista científico, económico y de protección radiológica, tampoco parece lo más prudente considerar que cada cierto número de meses, las soluciones de trazadores radiactivos deben ser desechadas.

Una posible solución a este tema, puede ser definir los plazos máximos de validez para cada una de las soluciones que contengan patrones o trazadores radiactivos así como de los patrones preparados a partir de ellas, que tengan en cuenta no solo el estado físico y químico en que se encuentren, sino también las características de los radionucleidos que contengan. Una vez superado dicho plazo, la alternativa razonable será desechar en unos casos y recalibrar en otros.

Otra solución, será el establecer mecanismos de control de las características de los patrones y trazadores radiactivos, que incluyan intervalos de aceptación, y que permitan desecharlos o recalibrarlos cuando estos no se cumplan.

En ambas situaciones se puede llegar a plantear la necesidad de la recalibración de las soluciones o de los patrones como alternativa razonable a su desecho. Este proceso es no solo más conveniente desde el punto de vista económico, sino también desde el punto de vista de la protección radiológica. Esto sirve para plantear el hecho de que en este país hace falta un servicio de metrología acreditado que ofrezca el servicio de recalibrar soluciones facilitadas por los laboratorios-clientes.

### **CONTROL EN TRABAJOS DE RUTINA**

Cuando el control aplica no a la realización de una determinación concreta, sino a las determinaciones de rutina, se impone el chequeo de todo el sistema que abarca desde la recepción de una muestra hasta la remisión de los resultados. Si este chequeo se desea realizar de forma interna, o con validez interna, bastará con introducir en el sistema muestras de control, bien preparadas por el propio laboratorio, o certificadas por organismo externos como la IAEA, o bien intercambiadas con otro, o bien ya medidas en el propio laboratorio.

Evidentemente la validez de las conclusiones obtenidas en este proceso de chequeo, viene condicionada por el procedimiento que el laboratorio establezca para su realización, procedimiento que debe incluir cuestiones como el carácter anónimo de las muestras y la definición de unos criterios de valoración, y los intervalos de tolerancia a aplicar.

Sin embargo, si se quiere que el chequeo tenga una validez externa al propio laboratorio, ya es ampliamente conocido, y no se va a insistir en ello, que esto requiere de la participación en campañas de intercomparación o proficiency test. En el caso de las intercomparaciones, la definición de los criterios de valoración, y los intervalos de tolerancia a aplicar a estos criterios vendrán, en general definidos por el propio ejercicio.

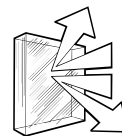
### **SISTEMAS DE GARANTÍA**

Dependiendo de las necesidades de un laboratorio, su proyección y sus clientes, este puede precisar tener un reconocimiento externo de la calidad de sus determinaciones o no, sin que ello implique necesariamente que el laboratorio este o no controlando los parámetros necesarios para garantizar la calidad de estas.

El reconocimiento externo más amplio, es la acreditación, que se concede si un laboratorio es capaz de demostrar que sus actividades se desarrollan de acuerdo a la norma ISO 17025 [13]. Un sistema menos demandante es la certificación, que se logra por verificación del cumplimiento por parte del laboratorio de la serie de normas ISO 9000 [14, 15].

Los sistemas externos van a exigir que se tenga implementado un sistema de control de calidad en la gestión del laboratorio, que afectará a prácticamente todas las actividades que este desarrolla alrededor de la recepción y medida de las muestras así como de la emisión de los informes de resultados. De forma resumida se puede decir





que el laboratorio debe tener implementados sistemas de gestión aplicados a la gestión de las muestras, pero también al personal, a la documentación, a las compras y suministradores, al equipamiento; y además, tener desarrolladas e implementadas metodologías para la detección y tratamiento de trabajos no conformes, apertura y tratamiento de acciones correctivas y preventivas; planificación de auditorías y participación en intercomparaciones, etc.

La acreditación, como sistema externo, no se va a conformar por lo tanto con las metodologías de control de calidad sobre las muestras, expuestas en los apartados anteriores (2, 3 y 4) sino que también va a exigir que se tenga un sistema de control de calidad en la gestión; la certificación en cambio va a limitarse casi en exclusiva a esta gestión de la calidad propiamente dicha.

Las ventajas de un reconocimiento externo son evidentes, pues permiten que el laboratorio pueda demostrar sus capacidades frente a terceros, con un sistema de evaluación externo y, por lo tanto, independiente; asimismo permite que haya sido evaluado por un sistema que, al menos en teoría, va a ser el mismo para todos los laboratorios que trabajen en el mismo campo, lo cual permite a un cliente tener un sistema homogéneo de comparación. Los inconvenientes están directamente relacionados con el hecho de que la serie de requerimientos que impone a un laboratorio no tanto desde el punto de vista de las muestras, sino desde el punto de vista del sistema de gestión, hacen que la obtención de este reconocimiento externo requiera no solo una gran inversión de tiempo, sino también económica

Entre las servidumbres económicas que la acreditación lleva asociadas, hay que considerar por ejemplo, los costos asociados a la realización de auditorías externas e internas y al mantenimiento de la acreditación; pero también otros, como por ejemplo aquellos derivados de la necesidad de realizar las calibraciones externas en laboratorios que a su vez estén acreditados o de que los patrones procedan también de entidades que le estén. Estos costos directos tendrían que añadirse a los del personal que se ocupa de estas actividades.

Lógicamente, si no se precisa un reconocimiento externo, la implementación del control de calidad de las determinaciones se simplifica y, por lo tanto, se abarata mucho. Ahora bien, el laboratorio debe ser consciente del valor nulo que dicho sistema tiene respecto a terceros.

## CONCLUSIONES

Para controlar la calidad de las determinaciones que se realizan en un laboratorio, hay toda una serie de paráme-

tros a tomar en consideración que van a afectar tanto a la preparación como a la medida de las muestras. El control sobre dichos parámetros va a exigir por parte del laboratorio la toma de decisiones respecto a cómo se va a realizar y los intervalos de tolerancia aceptables.

Al margen de la bondad de dicho control, si el laboratorio precisa o desea un reconocimiento externo, va a tener que ampliar el sistema, de forma que abarque también la gestión de todo el laboratorio.

La acreditación es el reconocimiento externo que tiene en cuenta ambas facetas, la certificación solo tiene en cuenta la segunda de ellas.

Los sistemas de reconocimiento externo requieren una importante inversión en términos de tiempo y económicos, pero, hoy por hoy es el único mecanismo contemplado de cara a terceros.

## REFERENCIAS

- [1]. ASTM E181 – 10. Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides
- [2]. IEEE 300- 1988: IEEE Standard Test Procedures for Semiconductor Charged-Particle Detectors
- [3]. IEEE 301-1988: IEEE Standard Test Procedures for Amplifiers and Preamplifiers Used With Detectors of Ionizing Radiation4.
- [4]. IEEE 325-1996: IEEE Standard Test Procedures for Germanium Gamma-Ray Detectors
- [5]. ANSI N42.14-1999. American National Standard for Calibration and Use of Germanium Spectrometers for the Measurement of Gamma-Ray Emission Rates of Radionuclides –Description
- [6]. ANSI N42.25-1997. American National Standard Calibration and Usage of Alpha/Beta Proportional Counters
- [7]. ANSI N42.15-1990. American National Standard for Calibration and Use of Germanium Spectrometers for the Measurement of Gamma-Ray Emission Rates of Radionuclides –Description
- [8]. ANSI N42.15-1997. American National Standard Check Sources for and Verification of Liquid-Scintillation Counting Systems
- [9]. IEC 61452: 1995. Nuclear Instrumentation-Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides - Calibration and use of germanium spectrometers..
- [10]. IEC 62089: 2001 Nuclear instrumentation - Calibration and usage of alpha/beta gas proportional counters
- [11]. IEC 61304: 1994 Nuclear instrumentation - Liquid-scintillation counting systems - Performance verification
- [12]. IEC 60973: 1989. Test procedures for germanium gamma-ray detectors
- [13]. ISO/IEC 17025: 2005. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [14]. ISO 9001:2008. Quality management systems – Requirements
- [15]. ISO 9000:2005. Quality management systems – Fundamentals and vocabulary

# El $^{210}\text{Po}$ en la cadena alimenticia humana

Inmaculada Díaz-Francés

Grupo Física Nuclear Aplicada, Universidad de Sevilla. Facultad de Física

## RESUMEN

El  $^{210}\text{Po}$  es un radionucleido natural perteneciente a la serie radiactiva del Uranio, presente de forma ubicua en cantidades traza en los diversos compartimentos de la naturaleza (aguas, suelos, biota) y que a través de su ruta de la cadena trófica puede ser incorporado al cuerpo humano mediante ingestión de aguas y alimentos. Este radioisótopo se caracteriza por su alta radiotoxicidad, siendo uno de los principales contribuyentes a la dosis comprometida por ingestión recibida por la población. La contribución de este radionucleido a las dosis recibidas por el consumo de aguas embotelladas y por la ingestión de dietas representativas del hábito alimenticio de la población sevillana es evaluada en este trabajo, y comparada con las contribuciones debidas a otros radionucleidos naturales y artificiales.

## ABSTRACT

$^{210}\text{Po}$  is a natural occurring radionuclide, belonging to the Uranium series, which is present in minute amounts in the different environmental compartments (water, soil, biota) and that through its route along the trophic chain can finish incorporated in the human body via ingestion of waters and/or food. This radionuclide is highly radiotoxic, being one of the main contributors to the committed effective dose via ingestion received by the population. In this work, the contribution of this radionuclide to the committed effective dose received by the population of Seville via consumption of bottled waters and via ingestion of typical diets is evaluated. The mentioned contribution is also compared with the contributions of other natural and artificial radionuclides.

## 1- INTRODUCCIÓN

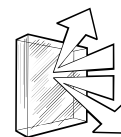
El polonio (Po) es un elemento químico perteneciente a la columna VI A de la Tabla Periódica, con número atómico 84, del que se conocen un total de 43 isótopos diferentes, todos presentando la particularidad de ser radiactivos. Entre ellos, es indudablemente el  $^{210}\text{Po}$  el más importante desde el punto de vista radioecológico y dosimétrico, pues se encuentra de forma ubicua a niveles trazas en los diversos compartimentos de la naturaleza (aguas, suelos, atmósfera...) al ser miembro de la serie radiactiva natural del Uranio y posee un no despreciable periodo de semidesintegración.

El  $^{210}\text{Po}$  es generalmente considerado como un emisor alfa puro pero en verdad, aunque en un 99.999% de sus desintegraciones emite partículas alfa con una energía de 5.305 MeV decayendo al estado fundamental del  $^{206}\text{Pb}$  (estable), también con una probabilidad del 0.001% emite partículas alfa de 4.502 MeV seguidas de una emisión gamma de 0.803 MeV. Posee, por otra parte, un periodo de semidesintegración de 138 días y es descendiente del  $^{210}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 22.3$  años) vía  $^{210}\text{Bi}$  ( $T_{1/2} = 5$  días). Es por ello, por lo que en sistemas que puedan considerarse cerrados, se pueda asegurar la existencia de equilibrio secular entre

$^{210}\text{Po}$  y su progenitor  $^{210}\text{Pb}$  trascurridos unos dos años. No obstante, en la naturaleza muy frecuentemente  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{210}\text{Po}$  no se encuentran en equilibrio secular en numerosos compartimentos naturales (aguas, biota, atmósfera) por su diferente comportamiento químico y también por las peculiaridades de su formación, (el  $^{210}\text{Pb}$  es descendiente del  $^{222}\text{Rn}$ , formándose una proporción considerable en la atmósfera desde donde rápidamente, en días, se deposita adherido a aerosoles, incorporándose a aguas, suelos, vegetación, etc., sin que su descendiente  $^{210}\text{Po}$  haya podido alcanzar con él equilibrio secular).

La pareja de radioisótopos  $^{210}\text{Pb}$ - $^{210}\text{Po}$ , ha recibido, y recibe actualmente, mucha atención en el campo de la radioecología, pues son utilizados como excelentes trazadores de procesos atmosféricos [1], para la evaluación de los flujos deposicionales de carbón orgánico en el medio marino [2], o para la determinación de tasas de sedimentación o crecimiento en columnas sedimentarias y turbas [3].

El  $^{210}\text{Po}$  por otra parte es conocido por su alta radiotoxicidad, pudiéndose ser considerado de hecho dentro de los elementos radiactivos emisores alfa naturales, como uno de los mayores contribuyentes, en muchos casos el mayor, a la dosis comprometida por ingestión de alimentos que recibe la



población. Su coeficiente de dosis por ingestión para adultos (dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación por ingestión) es de  $1.2 \cdot 10^{-6}$  Sv/Bq [4], muy superior al de otros elementos radiactivos naturales como  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  y  $^{226}\text{Ra}$ . Esta alta radiotoxicidad, bien conocida por la comunidad científica, saltó a opinión pública en relación con el asesinato del antiguo espía ruso Alexander Litvinenko a través de la ingestión de este radioisótopo en una cantidad másica mínima

La alta radiotoxicidad del  $^{210}\text{Po}$  se deriva por una parte del tipo de emisiones que este radioisótopo emite (partículas alfa) y por otra parte de su metabolismo una vez incorporado al cuerpo humano. De acuerdo con el modelo de la ICRP [5], para adultos el 10% del  $^{210}\text{Po}$  inhalado y el 50% del  $^{210}\text{Po}$  ingerido pasa al sistema circulatorio, mientras que el remanente no absorbido permanece en el sistema gastrointestinal durante 24-36 horas (las partículas inhaladas no absorbidas son gradualmente transportadas hasta el esófago siguiendo posteriormente la misma ruta que el material ingerido). El  $^{210}\text{Po}$  absorbido tiende a acumularse en el hígado (30%), en los riñones (10%), en el bazo (7%) y en la médula ósea (10%), estimándose que tras su incorporación decae en el cuerpo humano en su conjunto según una ley de decaimiento monoexponencial caracterizada por un periodo de semidesintegración efectivo de 37 días. Un tercio del  $^{210}\text{Po}$  eliminado, es excretado con la orina, mientras que el remanente lo hace con las heces [6].

Es precisamente la alta radiotoxicidad de este radioisótopo natural, el germen del estudio que aquí se presenta. Concretamente, en este trabajo nos centraremos en mostrar la contribución del  $^{210}\text{Po}$  a las dosis recibidas por la población debido al: 1) consumo de aguas embotelladas, y b) a la ingestión de dietas representativas del hábito alimenticio de la población sevillana. Este estudio se complementará con la determinación de la contribución de los isótopos  $^{234}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$  a las dosis recibidas debido al consumo de las mencionadas aguas, y con la determinación de la contribución de los isótopos,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{40}\text{K}$  a las dosis recibidas por la ingestión de las dietas representativas, en ambos casos con fines puramente comparativos, intentando con ello remarcar de forma experimental el alto peso del  $^{210}\text{Po}$  en las dosis por ingestión recibidas por la población.

Cada vez está adquiriendo más auge la consumición de aguas embotelladas por la población europea, española, y particularmente por la sevillana. Es llamativo en los últimos años, el leer en la prensa convencional como el número de marcas de aguas embotelladas y el consumo de ellas crece exponencialmente. El carácter "natural" de estas aguas, no afectadas a priori por actividades antropogénicas, y su en general no tratamiento depurativo (lo que hace que preserven en disolución numerosos oligoelementos necesarios para

el cuerpo humano), las están convirtiendo en un producto cada vez más consumido por la población. Estas aguas presentan un contenido variable de sales, dependiendo de las características y peculiaridades de los acuíferos y manantiales de donde proceden, y por ende, contienen también cantidades trazas de radionucleidos naturales, fundamentalmente provenientes de las series del uranio y el torio.

Entre los factores que influyen en el tipo y grado de mineralización de las aguas, y que tienen adicionalmente influencia en su contenido radiactivo, podemos destacar: 1) el tipo de roca del acuífero, ya que al discurrir el agua por ellas va a disolver algunas de sus sales y algunos de los radionucleidos naturales también presentes en ella, incorporando todo ello a su composición, y 2) el tiempo de contacto agua-sustrato, que va depender de la naturaleza del subsuelo, así como de la velocidad de filtración (a mayor tiempo de residencia, por lo general mayor será la solubilización de distintos componentes de la roca). El contenido radiactivo de las aguas minerales depende fundamentalmente del primer punto de los dos indicados. Aguas procedentes de sustratos arenosos presentan concentraciones mínimas de elementos radiactivos naturales pertenecientes a las series del uranio y del torio, pues son bien conocidas las bajas concentraciones de U, Th y descendientes en las arenas y su improbable solubilización al formar parte los elementos radiactivos de la estructura cristalina del mineral. Por el contrario, concentraciones mayores de algunos de los radionucleidos de la serie del U y Th pueden encontrarse en aguas colectadas de sustratos graníticos o sedimentarios pues en ellos su presencia es claramente superior a la que se ha determinado en arenas y su potencial de disolución es también bastante mayor. Es por ello importante el mencionar que, a priori, las concentraciones de los radionucleidos naturales pertenecientes a las series del U y Th pueden ser bastante variables en las aguas embotelladas, dependiendo de su origen, lo que hace necesario para que el estudio dosimétrico sea representativo, el analizar una serie amplia de diferentes marcas comerciales que cubran una proporción considerable del consumo de agua embotellada por la población sevillana.

Los alimentos que constituyen la dieta normal del ser humano vienen directa o indirectamente de los vegetales (productores primarios), los cuales, al ser autótrofos, forman sus estructuras a partir de la materia del suelo y del aire. De esa forma, y a través de la entrada primaria de elementos radiactivos, fundamentalmente naturales, en la composición de los vegetales (tomados del suelo o del aire), éstos siguen su ruta a lo largo de la cadena trófica hasta ser incorporados por el ser humano. De hecho, los animales, que facilitan la mayor proporción de proteínas que el hombre consume, se alimentan también de vegetales acumulando en variada proporción algunos de los radionucleidos originalmente presentes en su alimentación.

El contenido radiactivo de los diferentes alimentos que componen tras su elaboración, una dieta representativa es muy variable, y la composición de esa dieta no puede ser considerada ni mucho menos uniforme a lo largo del tiempo, por lo que las dosis determinadas a partir de la medida de muestras de dieta individuales deben ser tomadas con precaución y no deben ser extrapolables a las dosis recibidas a través de esta vía con carácter anual. Es necesario proceder a la medida de un conjunto amplio de muestras de dietas, tomadas en épocas del año diferentes, para a partir del conjunto de valores obtenidos, poder dar unos valores medios de estas dosis mucho más representativos.

Para la determinación de las concentraciones de actividad de los radionucleidos considerados en este trabajo en las aguas embotelladas y en las dietas analizadas, se han utilizado diversas técnicas radiométricas, en algunos casos tras el tratamiento radioquímico de las muestras para el aislamiento de los radionucleidos de interés, su acondicionamiento para la medida. Las características de las muestras analizadas y su pretratamiento son mostradas en la sección 2 de este trabajo, mientras que la descripción de las técnicas radiométricas utilizadas, y en su caso, de los procesos radioquímicos aplicados, se describen en la sección 3. Finalmente, en la sección 4 se muestran y discuten los resultados radiométricos obtenidos y las dosis efectivas comprometidas por ingestión calculadas, remarcándose las principales conclusiones obtenidas en la sección 5.

## **2- MUESTREO Y SISTEMAS DE MEDIDA**

### **2.1. Muestras de dieta**

Para el estudio de la dieta representativa se ha seleccionado un restaurante en el que, una vez al trimestre, se toman varios tipos de platos preparados y bebidas que figuran en el menú del día, a lo largo de toda una semana de tal forma que representen lo que puede ingerir una persona durante ese tiempo. De inmediato, se pasa a la homogenización de la muestra mediante trituración y mezcla de todos los alimentos que la componen. La pasta resultante se deja secar en una estufa a 50°C durante varios días, hasta su completa desecación y posteriormente se procede a una segunda molienda que garantice su homogeneización. Por último, se envasa en un contenedor cilíndrico de cierre hermético, quedando así la muestra a la espera para su posterior tratamiento radioquímico.

Un total de 11 muestras de dieta, recogidas durante los años 2007, 2008 y 2009, han sido medidas en este trabajo. Inicialmente se recogen unos 7kg de dieta que, en el proceso de secado, pierden un promedio del 80% en masa húmeda.

### **2.2. Muestras de agua mineral**

Las muestras de agua mineral embotelladas se han adquirido durante el año 2010 en diversos centros de alimentación de la ciudad de Sevilla. Distintas marcas comerciales (14 muestras), de diversa procedencia y por tanto con diferencias en sus componentes mayoritarios, así como en sus propiedades físicas, han sido analizadas en este trabajo.

### **2.3. Equipos utilizados en este trabajo**

Para la determinación de U y Po en las muestras de dieta por espectrometría alfa, es necesario como paso previo un proceso de digestión. Para ello se ha utilizado un horno microondas modelo Multiwave 3000 de Anton Paar, equipado con un rotor de 8 vasos XF100. Estos vasos pueden trabajar a una presión controlada de 60 bar y soportar temperaturas de hasta 260°C (controlados independientemente para cada vaso). Al trabajar en vasos con presión controlada, ningún gas o elemento volátil escapa durante el proceso de digestión, por lo que se evita la pérdida de  $^{210}\text{Po}$ . Los vasos están realizados en teflón y van embutidos en una camisa de cerámica que aporta rigidez al conjunto.

En cuanto a las medidas por espectrometría alfa, éstas se han llevado a cabo utilizando detectores de silicio de implantación iónica tipo PIPS (modelo A450-18AM), alojados en un sistema denominado Alpha-analyst de Canberra. Este sistema está compuesto por ocho cámaras independientes de las que cuatro se dedican exclusivamente a la medida de U, dos a la medida de Th y las dos últimas a la medida de Po. El software usado en el análisis de los espectros es el Genie 2000.

## **3- METODOLOGÍA**

En este apartado describimos de forma abreviada a) los distintos procedimientos radioquímicos aplicados sobre las matrices de trabajo para el aislamiento de los emisores alfa de interés (isótopos de uranio y  $^{210}\text{Po}$ ) y su acondicionamiento posterior para su medida, y b) una vez obtenidos los valores de concentración de actividad de los distintos isótopos, describimos la forma en la que se han calculado los valores de dosis por ingestión en las muestras bajo estudio.

### **3.1. Tratamiento radioquímico**

Para la determinación de los isótopos radiactivos de interés mediante la técnica de espectrometría alfa, es necesario la aplicación de un proceso radioquímico específico según el tipo de matriz. En líneas generales, partiendo de una cantidad de muestra adecuada, se trazan las muestras (con  $^{209}\text{Po}$  y  $^{232}\text{U}$ ), se lleva a cabo la digestión ácida de la muestra en el caso de dieta (proceso no necesario en aguas), se realiza la coprecipitación de actínidos y Po (cuyo objetivo es ayudar



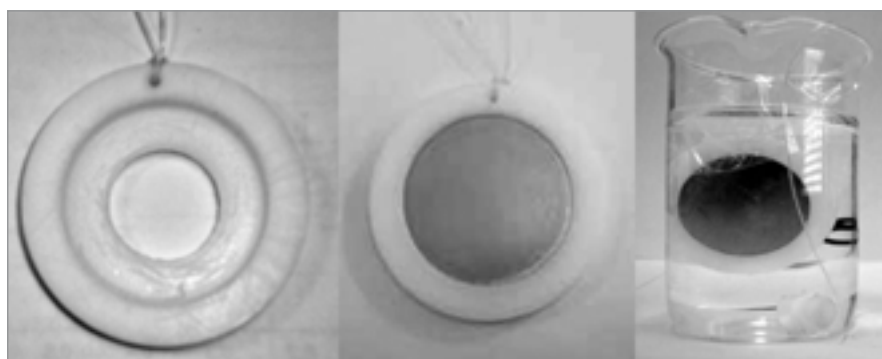
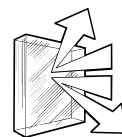


Figura 1. (Izquierda) Sistema de aro soporte del disco de níquel (centro) y cómo queda inmerso en la solución de HCl 1,5M (derecha) durante el proceso de autodeposición..

a la preconcentración de los isótopos de interés), se sigue con una etapa de separación-aislamiento de U y Po (mediante extracción solvente) y por último la fracción de U se electrodeposita mientras que la de Po se autodeposita para obtener fuentes adecuadas de medida.

Comenzamos describiendo el proceso de digestión que se aplica a las muestras de dieta, ya que éstas una vez disueltas, y las aguas minerales, comparten el mismo protocolo. Tras el proceso de secado y molienda dado a las muestras de dieta, se toman 2.4g de muestra ya trazada repartidos entre los ocho vasos del rotor y se añaden a continuación en cada vaso: 6mL de HNO<sub>3</sub> concentrado al 65%, 1mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 25% y 1mL HCl al 35%, programándose el microondas a una potencia de 800W durante 20 minutos. Una vez finalizado el proceso se vierte el contenido en un vaso y se lleva mediante evaporación a 10 mL tras lo cual completamos con agua destilada hasta llegar a los 50 mL. Se tiene una disolución que contiene la muestra de dieta ya disuelta.

Los 50 ml resultantes de la digestión de la muestra de dieta, (o en el caso de aguas embotelladas 1L de muestra trazada al igual que la dieta) son sometidas posteriormente a un proceso de preconcentración. Este proceso se basa en la coprecipitación de los elementos actínidos y Po con hidróxido de hierro en medio básico. Tras provocar la coprecipitación, se procede a separar el precipitado de la fase acuosa, empleando para ello la centrifugación. Una vez que se ha eliminado el sobrenadante, se añade HNO<sub>3</sub> 8M para disolver el precipitado.

Una vez puesto el precipitado en disolución (conteniendo a los isótopos de U y al <sup>210</sup>Po) se procede a realizar selectivamente a la extracción de estos radionucleidos de la solución de HNO<sub>3</sub> en la que se encuentran. En nuestro caso empleamos para ello la técnica de extracción solvente [8]. El solvente orgánico empleado es el tributil-n-fosfato (TBP), mientras que la fase acuosa es el HNO<sub>3</sub> que se obtiene al final de la etapa de preconcentración y que contiene al U y al Po.

Una vez aislados, como etapa final, tenemos que preparar las fuentes de medida para espectrometría alfa. En el caso de isótopos de U, empleamos el método de electrodeposición [9]. En el caso de Po, aprovechando la propiedad que presenta de autodepositarse en superficies metálicas de elementos con un potencial Rédox inferior al suyo, empleamos el método de autodeposición. Este procedimiento de autodeposición se inicia acondicionando a medio HCl 1,5M la solución obtenida tras la separación selectiva del Po con TBP (50 mL) y utiliza discos de níquel acoplados en un sistema tipo aro (figura 1) que quedan suspendidos en la disolución de HCl, mientras que la solución es agitada mediante un agitador magnético en el fondo del vaso. La autodeposición se realiza a una temperatura de 80°C y durante un tiempo mínimo de cuatro horas.

Una vez aislados, como etapa final, tenemos que preparar las fuentes de medida para espectrometría alfa. En el caso de isótopos de U, empleamos el método de electrodeposición [9]. En el caso de Po, aprovechando la propiedad que presenta de autodepositarse en superficies metálicas de elementos con un potencial Rédox inferior al suyo, empleamos el método de autodeposición. Este procedimiento de autodeposición se inicia acondicionando a medio HCl 1,5M la solución obtenida tras la separación selectiva del Po con TBP (50 mL) y utiliza discos de níquel acoplados en un sistema tipo aro (figura 1) que quedan suspendidos en la disolución de HCl, mientras que la solución es agitada mediante un agitador magnético en el fondo del vaso. La autodeposición se realiza a una temperatura de 80°C y durante un tiempo mínimo de cuatro horas.

### 3.2. Cálculo de dosis

Para el cálculo de dosis efectiva comprometida debida a la ingestión de un determinado radioelemento presente en las aguas minerales o dieta tipo, simplemente aplicaremos las siguientes expresiones:

$$D_E = A.F_c.C.T \quad [1] \text{ Para aguas minerales}$$

$$D_E = A.F_c.C.T.B \quad [2] \text{ Para dieta tipo}$$

Donde:

$D_E$ , es la dosis efectiva comprometida anual vía ingestión para el radionucleido evaluado (Sv/año).

$A$ , es la concentración de actividad del radionucleido evaluado en la muestra analizada (Bq/L o Bq/Kg peso seco).

$F_c$ , es la dosis efectiva comprometida por unidad de actividad incorporada por ingestión para el radionucleido evaluado (Sv/Bq). El valor  $F_c$  es dependiente del radionucleido considerado y de la edad de la población estudiada. Nosotros determinaremos en este trabajo dosis efectivas comprometidas anuales por ingestión para los cinco grupos de edades y para los radionucleidos mostrados en la tabla I, utilizando en cada caso los valores de  $F_c$  mostrados en la misma tabla.

$C$ , es la cantidad de agua o dieta representativa ingerida por persona en un día, expresada en L/día o kg peso húmedo/día.

$T$ , un factor de conversión temporal días/año, para expresar los valores de dosis efectivas en las unidades indicadas previamente ( $T= 365$  días/año).

$B$ , es el cociente determinado para cada muestra de dieta peso seco/peso húmedo.

	1-2	2-7	7-12	12-17	Adulto
<b>K-40</b>	$4.2 \times 10^{-8}$	$2.1 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-8}$	$7.6 \times 10^{-9}$	$6.2 \times 10^{-9}$
<b>Sr-90</b>	$7.3 \times 10^{-8}$	$4.7 \times 10^{-8}$	$6.0 \times 10^{-8}$	$8.0 \times 10^{-8}$	$2.8 \times 10^{-8}$
<b>Cs-137</b>	$1.2 \times 10^{-8}$	$9.6 \times 10^{-9}$	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.3 \times 10^{-8}$	$1.3 \times 10^{-8}$
<b>Po-210</b>	$8.8 \times 10^{-6}$	$4.4 \times 10^{-6}$	$2.6 \times 10^{-6}$	$1.6 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^{-6}$
<b>U-234</b>	$1.3 \times 10^{-7}$	$8.8 \times 10^{-8}$	$7.4 \times 10^{-8}$	$7.4 \times 10^{-8}$	$4.9 \times 10^{-8}$
<b>U-238</b>	$1.2 \times 10^{-7}$	$8.0 \times 10^{-8}$	$6.8 \times 10^{-8}$	$6.7 \times 10^{-8}$	$4.5 \times 10^{-8}$

Tabla I: Factores de Conversión\* (Sv/Bq).

(\*)Dosis efectiva comprometida por unidad de actividad incorporada por ingestión para diversos radionucleidos (Sv/Bq) (BOE, 2001).

En su aplicación a las aguas minerales, el valor de C ha sido tomado como 2L/día para adultos y 1L/día para el resto de grupos, mientras que en el caso de las dietas el valor de C, ha sido tomado como 1kg peso húmedo/día para todos los grupos de edades.

#### 4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### a) Aguas Embotelladas

En este estudio, hemos determinado las concentraciones de actividad de  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{234}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$  en un total de 14 aguas embotelladas diferentes. Estas aguas, al ser adquiridas en grandes centros de distribución alimentaria de Sevilla, pueden ser consideradas representativas de las aguas consumidas por la población sevillana. Todas ellas fueron analizadas inmediatamente tras su compra, por lo que la concentración de actividad de  $^{210}\text{Po}$  determinada, sería claramente representativa de la ingerida por la población, con independencia de que

Muestra	$^{210}\text{Po}$ (mBq/L)	$^{234}\text{U}$ (mBq/L)	$^{238}\text{U}$ (mBq/L)
<b>1</b>	$1.8 \pm 0.3$	$21.8 \pm 1.2$	$18.4 \pm 1.0$
<b>2</b>	$2.8 \pm 0.4$	$11.8 \pm 0.9$	$9.1 \pm 0.8$
<b>3</b>	$3.9 \pm 0.6$	$20.5 \pm 1.1$	$14.0 \pm 0.9$
<b>4</b>	$2.4 \pm 0.3$	$59.7 \pm 2.8$	$26.6 \pm 1.7$
<b>5</b>	$10.3 \pm 1.1$	$1.7 \pm 0.2$	$1.4 \pm 0.2$
<b>6</b>	$2.0 \pm 0.2$	$31.1 \pm 1.4$	$11.9 \pm 0.8$
<b>7</b>	$2.0 \pm 0.4$	$0.6 \pm 0.4$	$<0.2$
<b>8</b>	$1.9 \pm 0.3$	$0.5 \pm 0.2$	$1.0 \pm 0.3$
<b>9</b>	$2.2 \pm 0.4$	$33.3 \pm 1.7$	$8.9 \pm 0.8$
<b>10</b>	$0.6 \pm 0.2$	$11.1 \pm 0.9$	$11.7 \pm 0.9$
<b>11</b>	$3.4 \pm 0.3$	$4.9 \pm 0.7$	$4.0 \pm 0.7$
<b>12</b>	$1.3 \pm 0.3$	$32.1 \pm 1.1$	$8.6 \pm 0.5$
<b>13</b>	$3.6 \pm 0.6$	$5.2 \pm 0.5$	$2.6 \pm 0.3$
<b>14</b>	$39.1 \pm 1.3$	$8.7 \pm 0.7$	$7.4 \pm 0.6$

Tabla II: concentración de actividades de  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{234}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$  (mBq/l) determinadas en aguas embotelladas.

este radioisótopo desde su embotellamiento hasta su consumo haya experimentado variaciones en su concentración, bien por su decaimiento radiactivo o bien por su generación por la presencia también de su progenitor  $^{210}\text{Pb}$  en la muestra.

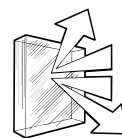
En la tabla II se han recopilados los resultados de concentración de actividad obtenidos para  $^{210}\text{Po}$  e isótopos de uranio en las 14 muestras analizadas, expresando las incertidumbres asociadas a cada determinación con criterio 1 sigma. Por otra parte, al corresponderse los resultados con marcas comerciales, se ha preferido en este trabajo mantener su cripticidad.

Las concentraciones de actividad de  $^{210}\text{Po}$  se encuentran en el rango entre 0.6 y 40 mBq/L, aunque en la mayoría de las muestras este valor es inferior a 5 mBq/L, en total concordancia con los resultados obtenidos en estudios análogos realizados en otros países Europeos. Efectivamente, el análisis de  $^{210}\text{Po}$  en aguas embotelladas de Austria dió un rango de concentraciones de actividad entre 0.4 y 6 mBq/L [10], en aguas embotelladas italianas entre 0.1 y 21 mBq/L [11,12], en aguas polacas entre 0.4 y 4 mBq/L [13] y en aguas húngaras entre 2 y 20 mBq/L [14].

Se observa por otra parte, también en la tabla II, que las concentraciones de actividad determinadas en nuestro estudio para los isótopos de uranio son en la gran mayoría de las muestras analizadas superiores a las concentraciones de actividad de  $^{210}\text{Po}$ , hecho que no puede considerarse como sorprendente pues es bien conocido la superior tendencia del uranio respecto al polonio (y respecto a su progenitor Pb) a encontrarse en disolución. Muchas de las aguas analizadas presentan por otra parte cocientes  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  muy superiores a la unidad, lo que refleja la conocida lixiviación preferencial del  $^{234}\text{U}$  respecto a su progenitor desde el sustrato a la masa acuosa que lo recorre.

Con base en los resultados mostrados en la tabla II, y aplicando la ecuación 1 (sección 3.2), se ha procedido a estimar la contribución a las dosis comprometidas por ingestión de los mencionados radionucleidos en los diferentes sectores de edad diferenciados previamente para este cálculo. Los resultados obtenidos para la contribución del  $^{210}\text{Po}$  y del  $^{238}\text{U}$  a las dosis comprometidas por ingestión de las aguas minerales se muestran en la tabla 3 y para el sector de edad correspondiente a los adultos se representan adicionalmente en la figura 2, a efectos comparativos.

Del análisis de los resultados obtenidos se deduce claramente que a pesar de encontrarse el  $^{210}\text{Po}$  generalmente en las aguas analizadas en menores concentraciones de actividad que los isótopos de uranio, su contribución a la dosis comprometida por ingestión es claramente superior y evaluable para la población adulta en varios microsievert por año (la contribución del  $^{234}\text{U}$  a las mencionadas dosis



Muestra	$^{210}\text{Po}$ (contribución a dosis comprometida por ingestión) $\mu\text{Sv/año}$					$^{238}\text{U}$ (contribución a dosis comprometida por ingestión) $\mu\text{Sv/año}$				
	1-2	2-7	7-12	12-17	Adulto	1-2	2-7	7-12	12-17	Adulto
1	5.8	2.9	1.7	1.1	1.6	0.8	0.5	0.5	0.5	0.6
2	9.0	4.5	2.7	1.6	2.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3
3	12.4	6.2	3.7	2.3	3.4	0.6	0.4	0.3	0.3	0.5
4	7.7	3.9	2.3	1.4	2.1	1.1	0.8	0.7	0.6	0.9
5	33.1	16.6	9.8	6.3	9.0	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05
6	6.5	3.3	1.9	1.2	1.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4
7	6.5	3.2	1.9	1.2	1.7					
8	6.1	3.1	1.8	1.1	1.6	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03
9	7.3	3.7	2.2	1.3	2.0	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3
10	2.0	1.0	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4
11	10.8	5.4	3.2	2.0	2.9	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
12	4.3	2.1	1.3	0.8	1.1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3
13	11.8	5.9	3.5	2.1	3.2	0.12	0.08	0.07	0.06	0.09
14	128.2	64.1	37.9	23.3	34.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2

Tabla III: Contribución del  $^{210}\text{Po}$  y del  $^{238}\text{U}$  a la dosis comprometida por ingestión (en  $\mu\text{Sv/año}$ ) para los distintos grupos de edades considerados y las distintas marcas comerciales analizadas.

comprometidas por ingestión no es mostrada por su similitud a las mostradas para  $^{238}\text{U}$ .

El consumo por otra parte de aguas embotelladas, frente al agua potable de grifo obtenido en nuestras viviendas experimentan, podemos indicar que generalmente producirá un incremento de las dosis comprometidas por ingestión debido al  $^{210}\text{Po}$ . Las aguas potables obtenidas en nuestras viviendas han experimentado generalmente un tratamiento de potabilización, donde una proporción considerable del  $^{210}\text{Po}$  originalmente presente, es separado. Tras estos procesos de

potabilización, el agua de grifo suele contener una concentración de actividad inferior a 1 mBq/L [15], inferior o comparable a los valores más bajos encontrado en el análisis de las aguas embotelladas incluidas en este estudio. Nosotros, en nuestro laboratorio, hemos analizado la concentración de actividad de  $^{210}\text{Po}$  en el agua potable distribuida por las viviendas de la ciudad de Sevilla, obteniendo un valor de 0,25 mBq/L.

Analizando los datos recopilados en la tabla III, se observa por otra parte como las mayores dosis comprometidas debidas al  $^{210}\text{Po}$  por el consumo de aguas embotelladas se obtienen para el grupo de menor edad. Bajo la hipótesis de consumo de 1 L de agua embotellada, se han calculado dosis comprometidas debidas al  $^{210}\text{Po}$  que en algún caso son del orden de la decena (o incluso centena) de microsievert por año, para este grupo de edad. La tendencia existente de utilizar en los productos alimenticios de este grupo de edad agua embotellada en vez de agua potable de grifo, puede provocar un incremento en las dosis comprometidas por ingestión debidas al  $^{210}\text{Po}$  en este sector de la población.

Finalizaremos este apartado, indicando que estudios previos realizados por nuestro grupo de investigación analizando las concentraciones de actividad de  $^{226}\text{Ra}$  también en aguas embotelladas españolas [16], permiten indicar que la contribución de este radionucleido a las dosis

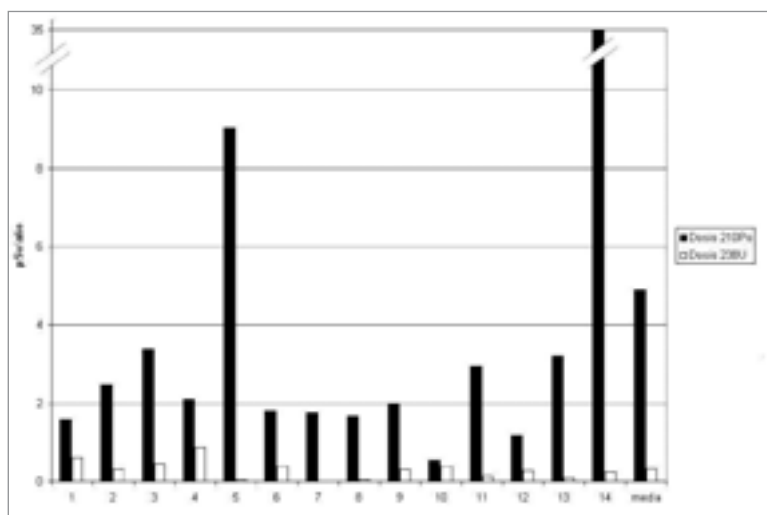


Figura 2. Contribución del  $^{210}\text{Po}$  y del  $^{238}\text{U}$  a la dosis comprometida por ingestión en adultos (expresadas en  $\mu\text{Sv/año}$ ) para las distintas marcas comerciales analizadas.

Muestra	<sup>210</sup> Po (Bq/Kg)	<sup>234</sup> U (mBq/Kg)	<sup>238</sup> U (mBq/Kg)	Relación P.S/P.H
DIETA 1	1.3 ± 0.1	0.11 ± 0.06	0,16 ± 0.07	0.18
DIETA 2	0.3 ± 0.1	0.21 ± 0.08	0,13 ± 0.08	0.22
DIETA 3	5.2 ± 0.4	0.16 ± 0.07	0,02 ± 0.02	0.17
DIETA 4	2.9 ± 0.2	0.04 ± 0.02	0,07 ± 0.03	0.21
DIETA 5	0.8 ± 0.2	0.04 ± 0.02	0,11 ± 0.05	0.23
DIETA 6	1.0 ± 0.2	0.19 ± 0.06	0,12 ± 0.04	0.20
DIETA 7	2.4 ± 0.2	N.M	N.M.	0.18
DIETA 8	0.6 ± 0.1	N.M.	N.M.	0.16
DIETA 9	0.7 ± 0.1	N.M.	N.M.	0.18
DIETA 10	1.0 ± 0.1	N.M.	N.M.	0.15
DIETA 11	0.9 ± 0.1	N.M.	N.M.	0.16

Tabla IV: Concentraciones de actividad de <sup>210</sup>Po, <sup>234</sup>U y <sup>238</sup>U (expresadas en mbq/kg peso seco), determinadas en las muestras de dieta analizadas en este trabajo\*.  
 (\*) N.M = no medido , P.S/P.H = peso seco/peso húmedo.

Muestra	Dosis comprometida por ingestión Contribución del <sup>210</sup> Po (mSv/año)				
	1-2	2-7	7-12	12-17	Adulto
1	0.76	0.38	0.22	0.14	0.10
2	0.24	0.12	0.07	0.04	0.03
3	2.86	1.43	0.85	0.52	0.39
4	1.98	0.99	0.58	0.36	0.27
5	0.58	0.29	0.17	0.10	0.08
6	0.65	0.33	0.19	0.12	0.09
7	1.35	0.68	0.40	0.25	0.18
8	0.36	0.18	0.10	0.06	0.05
9	0.48	0.24	0.14	0.09	0.06
10	0.54	0.27	0.16	0.10	0.07
11	0.64	0.32	0.19	0.12	0.09

Tabla V: Contribución del <sup>210</sup>Po a la dosis comprometida por ingestión (en msv/año) para los distintos grupos de edades considerados y las distintas muestras de dieta tipo.

comprometidas por ingestión debido al consumo de este tipo de aguas es del orden de 1 mSv/año para adultos, inferior en general a la contribución debida al <sup>210</sup>Po y determinada en este trabajo. Todo ello, reafirma la conclusión de que el <sup>210</sup>Po es uno de los contribuyentes mayoritarios, si no el mayor, a las dosis comprometidas por ingestión debidas al consumo de aguas embotelladas, y de que en cualquier control radiológico de ese tipo de aguas el análisis de este radionucleido es imprescindible.

b) Muestras de dieta tipo

En este estudio, hemos determinado también las concentraciones de actividad de <sup>210</sup>Po, <sup>234</sup>U y <sup>238</sup>U en un total de once muestras de dieta tipo, cuya composición y tratamiento ha sido descrito con anterioridad. Estas muestras fueron analizadas en un tiempo tras su colección tal que nos per-

mite afirmar que las concentraciones de actividad determinadas en ellas, serían las ingeridas por la población consumidora con independencia de que el <sup>210</sup>Po desde la colección de las materias primas hasta su consumo haya experimentado variaciones en su concentración, bien por su decaimiento radiactivo, bien por su pérdida en la elaboración de los alimentos o bien por su generación por la presencia de su progenitor <sup>210</sup>Pb también en la muestra.

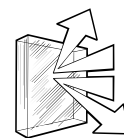
En la tabla IV se han recopilados los resultados de concentración de actividad obtenidos para <sup>210</sup>Po e isótopos de uranio en las once muestras analizadas, expresando los resultados por kg de peso seco y las incertidumbres asociadas a cada determinación con criterio 1 sigma. Las concentraciones de actividad de <sup>210</sup>Po se encuentran en el rango entre 0.3 y 5.2 Bq/kg peso seco, aunque en la mayoría de las muestras este valor es de aproximadamente 1 mBq/kg, Ello implica una ingestión diaria de <sup>210</sup>Po que oscila entre 60 y 1000 mBq/día en total concordancia con los escasos resultados obtenidos en estudios análogos realizados en otros países. En este sentido, en Polonia se estima una ingestión diaria de <sup>210</sup>Po a través de la dieta tipo que oscila entre 50 y 300 mBq/día [13] mientras que en Japón esa ingestión oscila entre 80 y 1800 mBq/día [17].

Observando los resultados de la tabla IV, llama también poderosamente la atención las muy bajas concentraciones de actividad de los isótopos de uranio en las muestras de dieta analizadas, siendo estas concentraciones un orden de magnitud inferior a las determinadas para <sup>210</sup>Po. Ello es debido al carácter no bioacumulativo del mencionado elemento a lo largo de la cadena trófica, presentando concentraciones mínimas en alimentos como carnes, pescados, frutas, etc. Las bajas concentraciones obtenidas explican por otra parte las altas incertidumbres en las medidas, sobre todo si recordamos que sólo se analizan unos pocos gramos representativos de la muestra bajo estudio.

Con base en los resultados mostrados en la tabla IV, y aplicando la ecuación 2 (sección 3.2), se ha procedido a estimar la contribución a las dosis comprometidas por ingestión de los radionucleidos <sup>210</sup>Po, <sup>238</sup>U y <sup>234</sup>U en los diferentes sectores de edad diferenciados previamente para este cálculo. Los resultados obtenidos para la contribución del <sup>210</sup>Po a las dosis comprometidas por ingestión de las dietas analizadas se muestran en la Tabla V.

Llama la atención, analizando los resultados de la tabla V, la elevada variabilidad en los valores de las dosis efectivas comprometidas debidas al <sup>210</sup>Po, existiendo entre algunas de las muestras diferencias de hasta un orden de magnitud. Este hecho sin embargo, no debe ser considerado sorprendente teniendo presente la gran variabilidad en las concentracio-





nes de actividad de  $^{210}\text{Po}$  en diversos alimentos, y las variaciones naturales en la composición de las diferentes dietas analizadas. Baste indicar por ejemplo, la tendencia a acumular  $^{210}\text{Po}$  que presentan los organismos marinos [18] y por el contrario, la presencia prácticamente nula de este radioisótopo en [19]. Una dieta que aleatoriamente fuese rica en pescado puede presentar concentraciones de actividad muy superiores de  $^{210}\text{Po}$ , que una dieta rica fundamentalmente en hidratos de carbono, con las implicaciones obvias que ello acarrea en los valores de las dosis efectivas comprometidas por ingestión debidas a este radioisótopo.

Como soporte del comentario anterior, relativo a la variabilidad en las concentraciones de  $^{210}\text{Po}$  en las dieta tipo, hemos realizado en nuestro laboratorio un experimento consistente en la determinación de la concentración de actividad de  $^{210}\text{Po}$  en mejillones que fueron adquiridos en un centro comercial sevillano. Para que el resultado obtenido fuera extrapolable al  $^{210}\text{Po}$  ingerido por un miembro de la población tras su consumo, los mejillones fueron simplemente cocinados al vapor, eliminando el líquido liberado y las conchas para quedarnos con la parte comestible. Tras el acondicionamiento de esta parte comestible de forma similar a lo realizado para las dietas tipo, se determinó que la concentración de actividad de  $^{210}\text{Po}$  en estos bivalvos era de 80 Bq/kg de peso húmedo, resultado por otra parte coherente con determinaciones previas realizadas en otros laboratorios analizando este tipo de bivalvos [20] (el proceso de crecimiento y alimentación de estos bivalvos mediante la filtración de las aguas en las que habita, y el carácter bioacumulativo del polonio, explica el porqué de las elevadas concentraciones de  $^{210}\text{Po}$  encontradas en estos organismos marinos). Obsérvese que la ingestión simplemente de 1 kg de mejillones en peso húmedo produce la incorporación al cuerpo humano de una cantidad de  $^{210}\text{Po}$  (80 Bq) comparable con la ingestión anual de este radioisótopo deducida de las dietas analizadas en este trabajo (la cual se encontraba en el rango 50-1000 mBq/día, es decir 18-365 Bq/año) lo que pone de manifiesto como de variable puede ser la concentración de actividad de  $^{210}\text{Po}$  en una dieta tipo, dependiendo de la mayor, menor, o nula presencia de este tipo de productos en su composición. Otros productos marinos colectados en el Atlántico y altamente consumidos por la población en España presentan también relativamente altas concentraciones de  $^{210}\text{Po}$ : sardinas (60 Bq/kg), caballas (20 Bq/kg), merluzas (6 Bq/kg), etc (todas estas concentraciones de actividad se refieren a peso húmedo y se corresponden con las partes comestibles de estos productos) [21].

Las contribuciones a las dosis comprometidas efectivas por ingestión de las diferentes dietas tanto para el  $^{238}\text{U}$  como para el  $^{234}\text{U}$  y para los diferentes grupos de edades, han sido calculados con base en los resultados obtenidos para estos

radioisótopos (tabla IV) y son dos órdenes de magnitud inferiores a las determinadas por  $^{210}\text{Po}$  lo que vuelve a indicar que en estudios dosimétricos por ingestión el  $^{210}\text{Po}$  es un radioisótopo clave por ser uno de los mayores contribuyentes, o el mayor, a las citadas dosis. Esta última conclusión se ve apoyada en resultados independientes obtenidos por nuestro grupo de investigación donde dentro del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental encomendado por el CSN, realiza trimestralmente la determinación de las actividades de radionucleidos artificiales ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) y naturales ( $^{40}\text{K}$ ) incorporadas por día por una persona representativa mediante ingestión, a través del análisis de muestras de dieta tipo. Con base en los análisis realizados durante los últimos años podemos estimar como valor medio la ingestión de 40 mBq/día de  $^{90}\text{Sr}$ , <120 mBq/día de  $^{137}\text{Cs}$  y 90 Bq/día de  $^{40}\text{K}$ , lo que implica que la contribución a la dosis efectiva comprometida de esos radionucleidos en la población sevillana es de 0.4  $\mu\text{Sv/año}$  para el  $^{90}\text{Sr}$ , <0.6 mSv/año para el  $^{137}\text{Cs}$  y de 0.2 mSv/año para el  $^{40}\text{K}$ . Las contribuciones a las dosis comprometidas por ingestión debidas a los radionucleidos artificiales son despreciables frente a la contribución debida al  $^{210}\text{Po}$ , mientras que la contribución debida al  $^{40}\text{K}$  es comparable, aún teniendo presente que el  $^{40}\text{K}$  se encuentra en concentraciones de actividad dos-tres órdenes de magnitud superiores a la del  $^{210}\text{Po}$  en las dietas analizadas al encontrarse este radioisótopo presente en una proporción fija respecto al contenido de K en numerosos alimentos, y ser el K un elemento nutriente esencial para muchos seres vivos.

Terminaremos este trabajo indicando que la vía de ingestión, no es la única vía a través de la cual se puede producir la incorporación de  $^{210}\text{Po}$  al cuerpo humano. Este radioisótopo se encuentra presente en las capas bajas de la atmósfera en concentraciones de actividad que oscilan entre 0.01 y 0.10 mBq/m<sup>3</sup> [22], y por lo tanto también es incorporado vía inhalación. Ahora bien, asumiendo un ritmo de inhalación de 1 m<sup>3</sup>/h, y en las condiciones más desfavorables (absorción tipo M en los pulmones) la dosis efectiva comprometida por inhalación sería de 0.2 -2  $\mu\text{Sv/año}$ , valor mucho más pequeño que el obtenido vía ingestión tras el análisis de las dietas.

Ahora bien, hay que remarcar que a un sector específico de la población se le puede asociar dosis por inhalación debidas al  $^{210}\text{Po}$  muy superiores a las asociadas a la población en general. Es el sector de población fumador. El  $^{210}\text{Po}$  se encuentra presente en el tabaco en concentraciones de actividad no despreciables, y al ser un elemento volátil a altas temperaturas se incorpora en una fracción considerable al humo generado durante el consumo del tabaco, el cual en una proporción también considerable es inhalado por el fumador.

Para realizar una evaluación cualitativa de la dosis por inhalación por  $^{210}\text{Po}$  asociado al consumo de tabaco, procedimos

en nuestro laboratorio a determinar la actividad de  $^{210}\text{Po}$  en cigarrillos comerciales facilitados por uno de mis supervisores. El resultado obtenido fue, en valor medio, de 15 mBq  $^{210}\text{Po}$  por cigarrillo. Pues bien, asumiendo a) un consumo de una cajetilla de tabaco diaria (20 cigarrillos), b) que el 50% del  $^{210}\text{Po}$  presente en los cigarrillos se volatiliza, incorporándose al humo generado, y c) que el 70% del humo generado durante el consumo del cigarrillo es inhalado [23], se puede estimar que la dosis efectiva comprometida via inhalación debida al  $^{210}\text{Po}$  presente en el tabaco es de aproximadamente 0.1 mSv/año, comparable con la dosis efectiva comprometida por ingestión debido al mismo radioisótopo.

## 5- CONCLUSIONES

En este trabajo se ha mostrado el papel preponderante del radionucleido  $^{210}\text{Po}$  en la magnitud de las dosis efectivas comprometidas via ingestión recibidas por la población sevillana. Se obtuvieron valores del orden de  $\mu\text{Sv/año}$  en el caso del consumo de aguas embotelladas y del orden de 0.1 mSv/año asociado a la ingestión de dietas representativas. Estas dosis son por otra parte muy variables dependiendo del origen de las aguas consumidas y de la composición de las dietas ingeridas, lo que hace imprescindible la determinación de  $^{210}\text{Po}$  en cualquier control radiológico que se realice de aguas de consumo y de alimentos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el seno del grupo de Investigación "Física Nuclear Aplicada" de la Universidad de Sevilla, bajo la supervisión de los Drs. Rafael García-Tenorio y Guillermo Manjón. La inestimable ayuda prestada por Juan Mantero y José Díaz es también especialmente agradecida.

## REFERENCIAS

- [1]. Baskaran M. Applications of Po-210 and Pb-210 as atmospheric tracers. A review. *Journal of Environmental Radioactivity special issue: International topical Conference on Po and radioactive Pb isotopes* (in press). Editores. García-Tenorio R. y Holm E. 2010.
- [2]. Stewart G., Moran S.B. y Lomas M.W. Seasonal POC fluxes at BATS estimated from  $^{210}\text{Po}$  deficits. *Deep Sea Research* 154: 113-124; 2010.
- [3]. Appleby P.G. Three decades of dating recent sediments by fallout radionuclides: a review. *The Holocene* 18: 82-93; 2008.
- [4]. Boletín Oficial de Estado. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE 26 julio 2001, número 178, páginas 27284-27393.
- [5]. ICRP N° 67 ANN ICRP 23, 1993.
- [6]. Hormann W. y Fischer H.W. Internal decontamination of persons after ingestion or inhalation of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$ . *Proceedings International topical Conference on Po and radioactive Pb isotopes* (in press). Editores. García-Tenorio R. y Manjón R. 2010.
- [7]. Holm E., Fukai R. A method multielement alpha-spectrometry of actinides and its application to environmental radioactivity studies. *Talanta* 24, 659-664; 1977.
- [8]. Mantero J., Lehitane M., Hurtado S. y García-Tenorio R. Radioanalytical determination of actinides in refractory matrices by alkali fusion. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* (en prensa, accessible online). 2010.
- [9]. Hallstadius L. A method for the electrodeposition of actinides. *Nuclear Instruments and Methods A* 223: 266-267; 1984.
- [10]. Katzlberger C., Wallner G. y Irlweck K. Determination of  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Bi}$  and  $^{210}\text{Po}$  in natural drinking water. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 249: 191-196; 2000.
- [11]. Desideri D., Melli M.A., Feduzi L., Roselli C., Rongoni A. and Saetta D.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  concentration of bottled mineral waters in Italy and their dose contribution. *Journal of Environmental Radioactivity* 94, 86-97; 2006.
- [12]. Jia G. y Torri G. Estimation of radiation doses to members of the public in Italy from intakes of some important naturally occurring radionuclides ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$  and  $^{210}\text{Po}$ ) in drinking water. *Applied Radiation and Isotopes* 65: 849-857; 2007.
- [13]. Skwarzec B., Struminska D.I. y Borylo A. Radionuclides of  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{238}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}$  in drinking bottled mineral water in Poland. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 256: 361-364; 2002.
- [14]. Kovacs T., Bodrogi E., Dombovari P., Somlai J., Nemeth Cs., Capote A. y Tarjan S.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{210}\text{Po}$  concentrations of bottled mineral waters in Hungary and their committed effective dose. *Radiation Protection Dosimetry* 108: 175-181; 2003.
- [15]. Idoeta R., Herranz M., Abelairas A. y Legarda F. Removal of polonium in municipal water treatment plants. *Proceedings International topical Conference on Po and radioactive Pb isotopes* (in press). Editores. García-Tenorio R. y Manjón G. 2010.
- [16]. Manjón G., Vioque I., Moreno H., García-Tenorio R. y García-León M. Determination of Ra-226 and Ra-224 in waters by liquid scintillation counting. *Applied Radiation Isotopes* 48:535-540; 1997.
- [17]. Sugiyama H., Terada H., Isomura K., Lijima I., Kobayashi J. y Kitamura K. Internal exposure to  $^{210}\text{Po}$  and  $^{40}\text{K}$  from ingestion of cooked daily foodstuffs for adults in Japanese cities. *The Journal of Toxicological Sciences* 34: 417-425; 2009.
- [18]. Carvalho F.P. Polonium-210 in marine organisms: a wide range of natural radiation dose domains. *Radiation Protection Dosimetry* 24: 113-117; 1988.
- [19]. Louw I., Faanhof A. y Kotz D. Determination of Polonium-210 in various foodstuffs after microwave digestion. *Radioprotection* 44: 89-95; 2009.
- [20]. Dahlgaard H. Polonium-210 in mussels and fish from the Baltic-North Sea Estuary. *Journal of Environmental Radioactivity* 32: 91-96; 1996
- [21]. Carvalho F.P. Polonium ( $^{210}\text{Po}$ ) and lead ( $^{210}\text{Pb}$ ) in the marine food chain. *Proceedings International topical Conference on Po and radioactive Pb isotopes* (in press). Editores. García-Tenorio R. y Manjón G. 2010.
- [22]. McNeary D. y Baskaran M. Residence times and temporal variations of  $^{210}\text{Po}$  in aerosols and precipitation from southeastern Michigan, United States. *Journal of Geophysical Research*, Vol 112; 2007.
- [23]. Skwarzec B., Ulatowski J., Struminska D.I., Borylo A. Inhalation of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  from cigarette smoking in Poland. *J. Environ. Radioactivity* 57: 221-230; 2001

## 36ª Reunión Anual de la SNE

Entre los días 5 y 8 de octubre se celebró en Santiago de Compostela la 36ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española.

Con una asistencia de alrededor de 600 congresistas, este encuentro anual abordó temas tan interesantes como la importancia de la comunicación y la publicidad de la energía nuclear; el análisis y la evolución del programa nuclear iberoamericano; y el desarrollo e implantación del vehículo eléctrico.



Representantes de la SEPR y de la SNE frente al stand.

Así mismo, en las diferentes sesiones monográficas y cursos "aprende más de..." se analizaron todos los temas de mayor interés en el campo nuclear en el que, lógicamente, se incluye la Protección Radiológica. Así, las 265 ponencias presentadas fueron divididas en 29 sesiones entre las que destaca una dedicada a la Protección Radiológica en la que se expusieron 16 ponencias orales sobre el tema y se presentaron otras dos en formato póster. De todas ellas destacó la ponencia titulada "Evaluación de los experimentos MSU de producción de neutrones secundarios con iones helio y carbono" de Pedro Ortego que fue premiada como la mejor ponencia sobre Protección Radiológica.

Este evento anual siempre cuenta con una exposición comercial en la que las empresas más importantes del sector presentan sus productos y servicios más novedosos, y entre los 28 stands que se montaron estaba el de la Sociedad Española de Protección Radiológica por primera vez en esta importante reunión.

Dentro de la parte lúdica que acompaña a este tipo de eventos hay que destacar el concierto coral y la cena de gala celebrados en el Hostal de los Reyes Católicos, así como una romería típicamente gallega o la ofrenda al apóstol en la catedral, con ceremonia del *botafumeiro* incluida.

Comité de redacción

## III Master en Ingeniería nuclear y Aplicaciones. MINA-2010

El día 4 de octubre tuvo lugar la inauguración de la III Edición del Máster en Ingeniería Nuclear y Aplicaciones (MINA-2010), título propio de la Universidad Autónoma de Madrid que se organiza conjuntamente con el Ciemat. En la ceremonia se hizo coincidir la clausura de la segunda edición de este máster, procediendo a la entrega de títulos a los alumnos salientes.

Este año la jornada inaugural dio comienzo con unas palabras del rector de la UAM, José María Sanz Martínez y del director general de Ciemat, Cayetano López Martínez que presentaron el máster como uno de los proyectos conjuntos que se va consolidando con los años.

A continuación tuvo lugar la conferencia con la que todos los años se inaugura la nueva edición del máster, que versó sobre un tema estrechamente relacionado con el curso, "La Gestión del Conocimiento en la Industria Nuclear" impartida por Pedro Luis González Arjona, subdirector de Experiencia Operativa y Formación de la Dirección General de Energía Nuclear de Endesa.

Una vez concluida la conferencia se procedió a la presentación de resultados y lecciones aprendidas de las dos ediciones ya impartidas del máster a cargo de los directores del curso, el profesor Juan Antonio Casas de la UAM y el doctor Luis Enrique Herranz del Ciemat, que muy gráficamente nos situó a todos en el estado actual del proyecto; objetivos propuestos, conseguidos y próximas metas a alcanzar. Importante remarcar el haber llegado al máximo de alumnos propuestos por edición.

Tras las presentaciones de la parte docente e institucional se procedió a la entrega de los títulos a los alumnos salientes a cargo de la Dra. Isabel Castro, decana de la Facultad de Ciencias de la UAM que, finalmente, dio por inaugurada la nueva edición del MINA dando la bienvenida a todos los alumnos y profesores asistentes.

El Máster MINA es un referente en España para todos los profesionales involucrados en la ingeniería nuclear, ya que pretende responder a las necesidades planteadas desde el

sector nuclear y promover el interés de los jóvenes por la tecnología nuclear.

El curso cuenta en esta edición de 2010-2011 con 25 participantes procedentes de las distintas universidades españolas, así como de varios alumnos de distintas empresas del sector matriculados a asignaturas sueltas. El curso concluirá a finales de junio de 2011 tras la etapa de Proyectos Fin de Máster donde los alumnos se incorporarán, para ello, en una de las empresas colaboradoras del sector nuclear español.

Susana Falcón  
Coordinadora del Máster MINA

### Simulacro de accidente aéreo en Barajas con liberación de material radiactivo

Con el fin de ensayar los procedimientos de colaboración entre los módulos de intervención de diferentes estados miembros, en el marco del Mecanismo de Cooperación de Protección Civil de la Unión Europea, el 26 de junio de 2010 se desarrolló un ejercicio simulando un accidente ocurrido en territorio español, en el que en un incendio producido en el aterrizaje de una aeronave, además de víctimas de diversa consideración, se generó un ambiente contaminado por radiaciones ionizantes. El ejercicio se encuadró dentro del marco del Proyecto de Coordinación de Respuesta Rápida Europea EU RRC 7, y tuvo lugar dentro de las actividades llevadas a cabo por España en el semestre de presidencia de la Unión Europea. La coordinación y organización del ejercicio fue llevada a cabo por la DGPC y E, que encargó al CSN liderar las tareas del Grupo Radiológico (GR).

El ejercicio suponía que una aeronave comercial con 132 pasajeros, en su aproximación al aeropuerto de Barajas, maniobra que tiene problemas en su tren de aterrizaje. Debido a estos problemas la nave pierde el control, se sale de la pista e impacta contra un almacén en el que trabajan algunos operarios y en el que, ocasionalmente, se encuentra almacenado diverso material radiactivo destinado al uso hospitalario. El ejercicio trató de no interferir en la actividad del aeropuerto y se desarrolló en un área de unos 50.000 m<sup>2</sup> frente al denominado Pabellón de Estado del aeropuerto de Barajas, que simulaba ser el almacén afectado.

A consecuencia del impacto de la aeronave se produjo un incendio en dicho almacén que, en los primeros momentos, fue combatido de forma convencional por el personal de la brigada de PCI del aeropuerto que desconocía la presencia del material radiactivo. Desde el Centro de Gestión de Emergencias de Barajas, una vez verificado el almacén afectado, se alertó de la presencia en dicho almacén de material radiactivo con fines médicos, cuyos blindajes podrían haberse visto afectados. Desde ese momento, además de informar al CSN, se tomaron precauciones frente a la posible presencia de radiaciones ionizantes, que podrían afectar tanto al personal accidentado, como a todos los actuantes que participaran en las diversas tareas de extinción de incendios, salvamento, atención sanitaria, tareas policíacas y las propias de control radiológico.



En el ejercicio, personal del CSN comprobó *in situ* que el fuego había afectado a varios viales de lodo 131 alojados en bultos tipo "A" allí almacenados, provocando la liberación de dicho isótopo en forma de gas orgánico, y que fue detectado en el almacén y zonas colindantes, produciendo la contaminación radiactiva de las personas y objetos afectados por dicho vertido. Asimismo, el incendio afectó completamente al blindaje de una fuente metálica de Co-60 contenida en un embalaje tipo "A", que se comportaría como una fuente desnuda. Dos embalajes tipo "B" conteniendo sendas fuentes de Cs-137, no resultaron afectados.

El Grupo Radiológico prestó asesoramiento en materia de PR al resto de los grupos, identificó los isótopos radiactivos presentes y realizó las medidas que permitieron establecer la clasificación radiológica zonal, controló la presencia de posible contaminación radiactiva, realizó el control dosimétrico de los actuantes y emitió medidas de recomendación tanto para los afectados, como para el público, éstas últimas sobre todo en base a considerar la actividad radiactiva de las fuentes afectadas, cálculos que se realizaron en la Sala de Emergencias del CSN (Salem).

Durante el ejercicio, se coordinaron y gestionaron todas las actuaciones que se llevarían a cabo en un escenario como el propuesto, entre ellas, las correspondientes actuaciones de lucha contra incendios, de salvamento de víctimas, de heridos y de ileso llevadas a cabo tanto por bomberos como por personal sanitario, suponiendo además que hay personal afectado de diversas nacionalidades de la UE. Asimismo, se coordinaron y gestionaron las actuaciones necesarias para caracterizar radiológicamente la zona y, en base a ello, planificar tiempos de actuación, comprobar la presencia de contaminación radiactiva.





va, y las tareas de atención y descontaminación del personal afectado por dicha contaminación radiactiva. Por último, se coordinaron las actuaciones de asistencia y ayuda psicosocial a los afectados y sus familiares.

Más de 600 actuantes nacionales participaron en el desarrollo de este ejercicio, perteneciendo al Ministerio de Fomento (AENA y bomberos del propio aeropuerto de Barajas), al Ministerio de Interior (Dirección General de la Policía y de la Guardia Civil y Dirección General de Protección Civil y Emergencias), al Ministerio de Defensa (representado por la UME), a la Delegación de Gobierno de Madrid, a la Comunidad de Madrid (representado por el SUMA), al Ayuntamiento de Madrid (representado por el SAMUR y SAMUR social, finalmente reivindicaciones laborales impidieron la actuación de personal de bomberos del Ayuntamiento, tarea que fue cubierta con bomberos de la UME). Asimismo, en el ejercicio participaron personal del CSN y sus organizaciones de apoyo en emergencias, en concreto de Enresa, de Eulen-Proinsa y de Tecnatom.

Igualmente, participaron más de 100 actuantes internacionales pertenecientes a Alemania, Bélgica, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Portugal, y República Checa. Por deseo propio, sus actividades fueron encuadradas en los grupos de evaluación radiológica, control radiológico y ayuda psicosocial.

La Subdirección General de Emergencias (SEM) del CSN siguió muy de cerca las tareas de planificación del ejercicio. En su realización, se activó la Organización de Respuesta a Emergencias del CSN (ORE), que participó desde la Salem.

El Coordinador Técnico de la SEM y una persona de comunicación del CSN estuvieron en el centro de Gestión de Crisis del aeropuerto de Barajas (CGA) y, localmente en la zona del ejercicio, estuvieron seis técnicos del CSN, uno en calidad de coordinador del GR que se incorporó al puesto de mando avanzado y que mantuvo informado a la Salem de las incidencias que se iban produciendo en campo. También *in situ* participaron 10 técnicos de apoyo en emergencias de Eulen-Proinsa y la coordinadora nacional del servicio, tres técnicos de Enresa y tres técnicos de Tecnatom. Participó también personal técnico de Lainsa (dos), en calidad de UTPR de Enresa. El total de efectivos técnicos que participaron del CSN, sin contabilizar al ya mencionado personal de la ORE, fue de 27 personas.

La realización del ejercicio resultó de gran interés y más que destacar el gran despliegue de medios efectuado en esta reseña y centrados en las tareas que llevó a cabo el personal del CSN, desde un punto de vista crítico, se analizan a continuación las lecciones aprendidas y aspectos a mejorar que fueron puestos de manifiesto tanto en el juicio crítico posterior al desarrollo del ejercicio, como apuntados por los diversos participantes del CSN.

Determinadas actuaciones de otros grupos se desarrollaron a un ritmo mucho más rápido del que cabría esperar en una hipotética situación real, cuestión que tuvo impacto en las tareas propias del GR.

Se identificó la necesidad de mejorar la coordinación entre la Salem y el Centro de Dirección de la Emergencia (CGA de Barajas), por no tener previsto el CGA sistema de comunicación directo con la ORE ni procedimiento coordinado de toma de decisiones con la misma. El CGA está en un proceso de reforma y ya se han iniciado conversaciones



entre AENA (Dirección de Seguridad Aeronáutica de Barajas) y CSN (SEM) para elaborar un protocolo de interacción entre el CGA y la ORE en una situación como la descrita.

Debido a las dificultades de comunicación entre el CGA y la Salem, que se solventarán en la reforma apuntada, cuestiones relativas al balizamiento radiológico de las zonas y a la actividad de las fuentes radiactivas afectadas no obtuvieron el seguimiento deseado en el CGA de Barajas, que dio un papel relevante a aspectos de lucha contra incendios y sanitarios, dejando en un segundo plano aspectos radiológicos.

Cuando se conoció la presencia de contaminación radiactiva producida por el I-131, el coordinador del GR ordenó el uso de equipos de Protección Respiratoria Individual (EPI), si bien debe tenerse en cuenta que cada grupo de primera intervención tiene EPI específicos y como en los criterios para su adquisición no sólo se ha tenido en cuenta el riesgo frente a las radiaciones ionizantes, sino otros como el bacteriológico, químico o de lucha contra incendios, cuando en una emergencia nuclear o radiológica participe personal y grupos de primera intervención, además del propio Grupo Radiológico, deberá tenerse en cuenta que el personal de cada una de las organizaciones llevará el equipamiento de protección personal específico de su organización y muy probablemente coexistirán diversos equipamientos en una misma zona.

- Algunas de las prácticas desarrolladas por otros grupos no son fáciles de entender desde el punto de vista de PR, aunque hay que tener en cuenta que éstas se realizaron para facilitar labores forenses y de investigación de la Policía Científica.

- Se echó en falta la necesaria coordinación con los responsables de AENA en relación con la gestión de los medios de comunicación. En una emergencia como la que nos ocupa debería establecerse la figura de un jefe del Grupo de Comunicación, que consensuara con las organizaciones afectadas, en el caso de información radiológica, con el departamento de comunicación del CSN.

- El CSN además de llevar a cabo las tareas propias del GR fue encargado de coordinar las actuaciones de bastantes de los grupos internacionales enfocadas en temas de PR. La participación de actuantes internacionales puso de manifiesto las dificultades que genera el idioma.

- Sin embargo, como se dijo anteriormente, el ejercicio resultó de gran utilidad y las lecciones aprendidas justifican sobradamente la realización de este tipo de ejercicios como único medio de comprobar que los planes de emergencia son adecuados y están plenamente operativos para afrontar las emergencias, que sólo queremos que ocurran durante los ejercicios y simulacros.

*José Manuel Martín Calvarro, CSN*

## NOTICIAS de I M U N D O

### EMRAS II - NORM and legacy sites

El programa EMRAS II del OIEA comenzó en 2009 como continuación de EMRAS. Su propósito es la mejora de las evaluaciones de dosis debidas a las radiaciones ionizantes. De forma más concreta a la adquisición de mejores datos con los que poder comparar los diferentes modelos, alcanzando consensos en los diversos aspectos que conlleva la modelización. Entre los distintos grupos de trabajo formados en el programa se organizó un grupo específico para tratar los problemas de las denominadas "situaciones existentes", ya sea debidas a materiales NORM o a radionucleidos artificiales. Entre los días 26 de septiembre y 1 de octubre se celebró la segunda reunión del grupo en Limoges (Francia). A esta reunión asistieron participantes de Australia, Bélgica, Brasil, Bulgaria, China, Eslovenia, España, Estados Unidos, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Noruega, Sudáfrica y Reino Unido. No asistieron participantes de ningún país africano.

Durante la semana se visitaron cuatro minas de uranio restauradas en la zona de Limousin, con el objeto de analizar su posible inclusión en las pruebas del grupo, ya fuera modelizando escenarios presentes o futuros. Este emplazamiento presenta diversos aspectos interesantes para el grupo, principalmente la abundancia de todo tipo de datos necesarios en la modelización, antes y después de la restauración.

Además, en la reunión se presentó el estado actual del documento GAMP (General Assessment Methodology Process). Este documento se encuentra en desarrollo en el grupo y en él

- se pretende reflejar el proceso seguido en las evaluaciones radiológicas en cualquier situación, de las contempladas en este grupo de trabajo, asesorando a los reguladores en cuanto a las posibles medidas a adoptar. Para verificar que el documento recoge los procesos reales seguidos en una evaluación de este tipo se presentaron 5 pruebas realizadas en 4 escenarios diferentes: una balsa de fosfoyesos en Sicilia (Gela), una zona que había sido destinada a ensayos nucleares en Australia (Maralinga), una zona donde se procesaron monacitas en Brasil (Botuxim) y una mina clausurada en Noruega (Søve). Se plantearon diversos cambios al documento que serán implementados antes de la próxima reunión en 2011.

- También se presentaron nuevos escenarios como posibles candidatos para ser analizados por el grupo, en Bélgica y China.

- El grupo decidió llevar a cabo una evaluación detallada del impacto radiológico de las minas restauradas en el público y en la biota, comparando en lo posible los modelos disponibles, incluidos CROM, RESRAD, ERICA TOOL y otros.

*Juan Carlos Mora, CIEMAT*

### Agenda de Investigación de la OMS en Radiofrecuencias - 2010

- La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado en 2010 la actualización de la Agenda de Investigación en Campos Electromagnéticos (CEM) de Radiofrecuencias (RF),

priorizando los estudios en niños, especialmente mediante la obtención de datos epidemiológicos y la monitorización de la exposición. Dicha agenda proporciona orientación y establece prioridades para los programas nacionales de investigación, en particular sobre los teléfonos móviles y la salud.

La Agenda de Investigación en Radiofrecuencias resume así sus objetivos:

“Las tecnologías de telecomunicaciones basadas en radiofrecuencias (RF), tales como la radio y la televisión, han sido de uso generalizado durante muchas décadas. Sin embargo, hay nuevas aplicaciones para la difusión y recepción de ondas de RF, y el uso de dispositivos de RF, tales como teléfonos móviles, es mayoritario. La exposición ubicua del público a los campos de RF ha hecho de sus efectos para la salud un tema de preocupación para los científicos y el público en general.

Para responder a estas preocupaciones, en la última década se ha realizado un esfuerzo importante en la investigación y muchas cuestiones específicas acerca de los efectos potenciales para la salud de los campos de RF ya han sido investigadas por científicos de todo el mundo. Sin embargo, varias áreas aún requieren mayor investigación y la rápida evolución de la tecnología en este campo plantea nuevos interrogantes. La preocupación social se ha acumulado a lo largo de los años y ello influye en la gestión de riesgos a nivel nacional y local y en la aceptación pública de las evaluaciones científicas de riesgo para la salud.

La gestión del riesgo se basa en pruebas derivadas tanto de los conocimientos científicos como de conocimientos de estudios sociales que investigan esta preocupación. Por lo tanto, este documento identifica las necesidades específicas de investigación en la ciencia básica, pertinentes a la evaluación de riesgos para la salud, y las áreas de ciencias sociales relativas a la preocupación pública y comunicación del riesgo, destacando su importancia para satisfacer las necesidades de salud pública”

Tal como se esperaba en círculos expertos, la agenda propuesta presenta una evidente influencia del enfoque recurrente de la Comisión Internacional para la Protección ante Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP). De los 19 expertos que se reunieron en febrero de 2010 para formular el nuevo programa, 10 son miembros de ICNIRP (de la Comisión Principal, de los Comités Permanentes y de los Expertos de Consultoría). Además, el documento final fue editado por dos miembros de la Comisión Principal de ICNIRP, que también son (presidente y miembro) del Comité Permanente de ICNIRP. Por lo tanto, no es de extrañar que las opiniones expresadas en el documento de la OMS sean un calco de aquellas recogidas en otros documentos de ICNIRP. Algunos expertos han apuntado que el hecho de sean las mismas personas las encargadas de propagar las mismas ideas en documentos distintos, hace que los programas carezcan de nuevas contribuciones e ideas capaces de impulsar la investigación.

Las prioridades de la agenda en las distintas áreas se resumen en los siguientes apartados:

#### **Investigación en Epidemiología y Estudios en Humanos.**

La Agenda en Epidemiología se centra en los estudios de cohorte prospectivos, estrategia que iría dirigida a no repetir

- los errores cometidos en el estudio internacional Interphone (ver Proyectos de Investigación en el N° 63 de *Radioprotección*).
- Como prioridad se enumeran los estudios prospectivos de cohorte en niños y adolescentes y exposiciones a telefonía móvil.
- Los estudios que están actualmente en curso sobre tumores cerebrales en niños (Proyectos Zefalo y MOB-KIDS) son de tipo caso-control, y debido a las limitaciones que presenta su diseño, se ha sugerido que sus resultados podrían resultar tan escasamente informativos como lo han sido los de Interphone.

- Sin embargo, la Agenda parece haber olvidado que también serían necesarios estudios prospectivos de cohorte en adultos; sobre todo en aquellos que se iniciaron como usuarios del teléfono móvil durante su infancia o adolescencia. De hecho, en el presente sólo hay un estudio prospectivo de cohorte en curso, el Cosmos. Estudios de esta naturaleza son de interés, ya que están diseñados para investigar no sólo cáncer, sino también otras enfermedades y dolencias (incluyendo dolores de cabeza o trastornos del sueño) potencialmente asociadas a la exposición.

- La agenda también concede alta prioridad a estudios epidemiológicos de desórdenes neurológicos así como a la monitorización de las tendencias en la incidencia de tumores cerebrales.

- En cuanto a experimentación en voluntarios humanos, el documento se centra en estudios de provocación en niños, analizando los efectos de la radiación sobre la función cerebral y el patrón de sueño. Se considera especialmente relevante ampliar la investigación sobre alteraciones en el electroencefalograma durante el sueño y la fisiología de este fenómeno ampliamente descrito en estudios precedentes.

#### **Estudios experimentales en animales.**

- La OMS identifica dos bloques de investigación de alta prioridad. Sea trata del estudio de efectos en el desarrollo embrionario y de la investigación de potenciales cambios conductuales en sujetos expuestos durante etapas embrionarias y neonatales. También propone la agenda la ejecución de estudios sobre potenciales efectos de la radiación RF en las gónadas y otros.

#### **Estudios experimentales *in vitro* y mecanismos de acción.**

- En círculos expertos ha causado sorpresa el hecho de que estas áreas de investigación no se consideren o no figuren entre las definidas como de alta prioridad. En efecto, si se admite el criterio de la OMS, quedaría abortada sin respuestas definitivas la discusión sobre si la radiación es capaz de afectar a vías de transducción intracelular relacionadas con la respuesta de estrés que, entre otras acciones, puede regular la carcinogénesis o causar daños en el ADN (ver discusión sobre el interés prioritario de la investigación en mecanismos de respuesta celular en <http://betweenrockandhardplace.wordpress.com/>). De hecho, este es uno de los aspectos menos esperados y más controvertidos del documento. Y es que en el pasado congreso mundial de bioelectromagnética, BioEM2009 (Davos, junio de 2009), los expertos epidemiólogos, algunos de ellos coautores del Proyecto Interphone, coincidieron en concluir que los datos epidemiológicos habían alcanzado ya el límite en su capacidad

de dar respuestas sobre potenciales efectos nocivos en humanos. Estos expertos entendían que, a falta de conocimientos más profundos sobre los mecanismos celulares de respuesta a la radiación, los estudios epidemiológicos y los trabajos experimentales en animales expuestos crónicamente no serán capaces de proporcionar datos nuevos de relevancia. Este reconocimiento ha supuesto un revulsivo para la investigación en mecanismos, que ha conocido una aceleración significativa durante el presente año.

### Dosimetría.

Existe en la actualidad una gran variedad de modelos de dosimetría para humanos de diferentes edades, forma, tamaño y etnias. También se están desarrollando modelos para la exposición de los niños en el vientre de la madre. Esta área de investigación, incluida por la OMS dentro de la categoría de prioritarias, viene prosperando significativamente en comparación con la investigación sobre los efectos biológicos. Sin embargo, la microdosimetría, que resulta fundamental en la determinación de efectos de exposiciones focalizadas y en el estudio experimental sobre bioefectos, progresa a un ritmo demasiado lento. El hecho de que la presente agenda no considere prioritaria la microdosimetría no contribuirá a reducir los desequilibrios entre ambas áreas de la dosimetría.

### Investigación en ciencias sociales.

Esta es la última área entre las necesidades de investigación en el Programa de la OMS. No se le da prioridad dentro de las necesidades de investigación, aunque se sugiere la conveniencia de estudiar la percepción del público sobre la investigación en telefonía móvil, el principio de precaución, o los rápidos cambios en la tecnología. La agenda considera que es importante desarrollar métodos adecuados de comunicación entre científicos, funcionarios de salud pública y público en general a fin de evitar malentendidos. La problemática no debe abordarse desde enfoques alarmistas, si bien conviene evitar la subestimación en la situación actual de incertidumbre científica. Más información disponible en: <http://www.who.int/peh-emf/research/agenda/en/index.html>

*María Ángeles Trillo  
Hospital Ramón y Cajal*

## Conclusiones de la Reunión sobre la Seguridad en el Suministro de Isótopos Médicos en los Estados Miembros de la Unión Europea

Los días 4 y 5 de mayo de 2010 se celebró en Luxemburgo el *Meeting on the Security Supply of Medical Isotopes in EU Member States*. En dicho encuentro se trató especialmente la problemática sobre la producción de Mo-99 para la obtención de Tc-99m.

En los más de 10 000 hospitales en el mundo que utilizan radioisótopos para el diagnóstico y tratamiento de alrededor de 35 millones de pacientes, nueve de los cuales pertenecientes a países de la Unión Europea, el Tc-99m juega un papel fundamental al ser el radioisótopo más utilizado en procesos de diagnóstico. Además, para muchos de estos procesos, no

se han identificado otros isótopos que puedan suponer una alternativa segura.

En este marco, Europa es el segundo mayor consumidor de Tc-99m precedida por EEUU (40%) y seguida por Japón (14%) y el resto de países (22%). Y lo que es más importante, su demanda crece en torno a un 3% anual en países desarrollados, lo que supone una gran necesidad presente y futura de asegurar la provisión y suministro de este radioisótopo.

La producción de Tc-99m es un proceso complejo que incluye la obtención de Mo-99 mediante irradiación de blancos de uranio en reactores de investigación, además de los procesos de extracción del mismo y obtención y distribución del Tc-99m. Debido a la corta vida de ambos radioisótopos, no es posible contar con reservas y como consecuencia ha de ser producido y suministrado de manera continua a los hospitales. Esta circunstancia supone que cualquier interrupción en la producción puede dar lugar a retrasos en el diagnóstico y tratamiento de pacientes con consecuencias perjudiciales en algunos casos.

Actualmente, la producción de Mo-99 se lleva a cabo en un número de reactores limitado. Sólo siete reactores abastecen el 95% de la producción mundial de Mo-99, la mayoría de los cuales están cercanos al término de su vida útil. Esta situación, junto con las paradas programadas o no en su operación, supone una debilidad en el mercado de radioisótopos.

Para salvar este obstáculo, la *Association of Imaging Producers and Equipment Suppliers* (AIPES) ([www.aipes-eeig.org/index.php?id=7](http://www.aipes-eeig.org/index.php?id=7)) está trabajando en un calendario de previsión para minimizar el efecto de las paradas en la producción de Mo-99, además de en el fomento de la comunicación entre esta industria y la comunidad sanitaria.

Por otra parte, el hecho de que la producción de radioisótopos se lleve a cabo en reactores de investigación, hace que sea considerada una actividad secundaria convirtiéndola en una oportunidad de negocio poco lucrativa para los inversores y por lo tanto, a día de hoy, no supone un incentivo suficiente para que los reactores en funcionamiento continúen con la producción ni se construyan otros nuevos.

Hasta ahora, esta circunstancia se ha remediado con la aportación de los gobiernos poseedores de los reactores que subvencionan la producción de radiofármacos con Tc-99m para servicios médicos. A pesar de todo, cada vez se hace más necesaria la identificación de un modelo financiero que dé soporte a la infraestructura de un modo sostenible económicamente y que reconozca el carácter global de la cadena de suministro. Esta tarea ya está siendo llevada a cabo por el *High Level Group on Medical Radioisotopes* (HLG-MR) de la NEA ([www.nea.fr/med-radio/](http://www.nea.fr/med-radio/)), y se espera esté publicada en la segunda mitad de 2010.

Este grupo fue creado en abril de 2009 y aglutina a 21 expertos de 13 países, a la Comisión Europea y al OIEA. En él se ha propuesto la creación de nuevos reactores de investigación multipropósito como el camino más sencillo y sostenible para la producción de Mo-99/Tc-99m, ya que otras tecnologías de producción todavía han de ser investigadas a largo plazo. Otros aspectos a mejorar son la armonización en el transporte de los radioisótopos, el diseño de los blancos de uranio y un uso más eficiente del Tc-99m en coordinación con su suministro.



En la reunión, se presentó por parte de los principales operadores de reactores de investigación europeos el *Position Paper on a Reference Scenario for Sustainable Mo-99 Production in Europe* ([www.nea.fr/med-radio/docs/Multisources%20Mo-99%20production%20scenario%20for%20Europe%20%20Position%20paper-CEA-NRG-TUM-SCK%20CEN.pdf](http://www.nea.fr/med-radio/docs/Multisources%20Mo-99%20production%20scenario%20for%20Europe%20%20Position%20paper-CEA-NRG-TUM-SCK%20CEN.pdf)), muy bien recibido por los participantes. En el documento se propone trabajar coordinadamente para fortalecer la estructura europea de suministro de radioisótopos en un escenario de referencia que garantice dicho suministro. Este escenario contempla las instalaciones que estarán operativas a medio plazo en Europa: BR2 (Bélgica), HFR (Holanda), Osiris (Francia) y Maria (Polonia); y los nuevos reactores: FRMII (Alemania) a partir de 2014, JHR (Francia) a partir de 2015, PALLAS (Holanda) a partir de 2017 y MHYRRA (Bélgica) a partir de 2022. Por el momento no se considera crítico considerar la construcción de más reactores, ya que los tres mayores existentes deberían estar operativos hasta 2015.

Por otra parte la Comisión Europea ya ha tomado iniciativas para responder a la crítica situación de suministro de radioisótopos en 2008-2010 y en línea con sus conclusiones en agosto pasado se lanzó el documento *Communication on Medical Applications of Ionizing Radiation and Security of Supply of Radioisotopes for Nuclear Medicine*, en el que se plantean distintos modelos de financiación para asegurar un suministro sostenible en interés de la salud pública y con un reparto equitativo del gasto público por parte de los estados miembros.

Comité de redacción

## Reunión del "Grupo de Coordinación sobre Protección Radiológica del Medio Ambiente" del OIEA

Diversas organizaciones internacionales como ICRP, Unsear, IUR y OIEA, llevan años implicadas en el desarrollo de un sistema de protección radiológica del medio ambiente. Basándose en las conclusiones y recomendaciones de la Conferencia de Estocolmo de 2003 (*International Conference on the Protection of the Environment from the Effects of Ionizing Radiation*) el OIEA desarrolló un plan internacional de actividades sobre la protección radiológica del medio ambiente, el cual se centró principalmente en elaborar criterios reguladores para el futuro, aplicar los datos existentes sobre los efectos en la biota, y analizar su relación con la regulación existente sobre vertidos. En septiembre de 2005, el Panel de Gobernadores del OIEA aprobó el borrador del Plan de Actividades, para que fuera implementado dentro del programa de actividades y presupuestos de la Agencia. Se señalaba que había que prestar una atención especial a los desarrollos científicos en el tema, incluyendo las aproximaciones metodológicas que se están desarrollando para la protección del medio ambiente, como es el uso de especies de referencia e indicadores.

El Plan (disponible en [www-ns.iaea.org/downloads/rw/action-plans/rad-prot-environment-plan-activities-2005.pdf](http://www-ns.iaea.org/downloads/rw/action-plans/rad-prot-environment-plan-activities-2005.pdf)) incluye diversas actividades de coordinación, intercambio de información y seguimiento de los Estándares de Seguridad del

OIEA sobre protección radiológica del medio ambiente. Una de las actividades es establecer mecanismos de coordinación con objeto de facilitar el trabajo de coordinación entre organizaciones internacionales y regionales, mediante la revisión del trabajo que llevan a cabo sobre la protección de especies no humanas. Estos mecanismos implican la coordinación entre organizaciones internacionales y regionales como Unsear, ICRP, IUR, OIEA, OCDE/NEA y la UE, así como entre institutos nacionales trabajando en el tema. El Grupo de Coordinación sobre protección radiológica del medio ambiente se creó en enero de 2006.

El pasado 28 de septiembre tuvo lugar en Viena la cuarta reunión del Grupo de Coordinación, que constó de tres sesiones: 1) Organizaciones internacionales; 2) Organismos reguladores y 3) Organismos de investigación y apoyo técnico. En esta última sesión, participó Almudena Real (CIEMAT) presentando la situación actual de la regulación en España en temas de protección radiológica del medio ambiente, destacando el trabajo de investigación que está llevando a cabo el CIEMAT desde hace diez años, durante los cuales ha estado implicado en numerosos proyectos europeos y nacionales sobre el tema. CIEMAT ya participó en anteriores reuniones de este grupo de expertos, habiendo sido invitado para participar como consultor en esta cuarta reunión del grupo.

Los Organismos internacionales estuvieron representados por ICRP, UNEP, Unsear, OIEA, EC y OECD/NEA. En relación a los Organismos reguladores, hubo representantes de Argentina, Australia, Brasil, Canadá, EEUU y Reino Unido. Además del CIEMAT, también estuvieron representados centros de investigación de Francia (IRSN), Japón (NIRS) y Reino Unido (CEH).

El Grupo de Coordinación tiene como finalidad última llegar a elaborar unos estándares de seguridad internacionales que demuestren que el medio ambiente está adecuadamente protegido frente a las radiaciones ionizantes. Durante la reunión se repasó el plan de acción elaborado por el grupo de coordinación en 2005, acordándose que dicho plan ha de ser actualizado, incluyendo los últimos avances acontecidos en el tema. Un borrador actualizado de dicho plan será elaborado por el OIEA y enviado a todos los participantes de la reunión para comentarios.

Almudena Real - CIEMAT

## Elecciones en la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC)

Con ocasión del VIII Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear (Medellín, Colombia, 11-15 de octubre 2010), se llevó a cabo la Asamblea de la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC). En dicha asamblea se celebraron elecciones a consejo directivo que, por unanimidad, quedó conformado de la siguiente manera:

Presidente: Eduardo Medina Gironzini (Perú)  
 Secretario general: Josilto de Aquino (Brasil)  
 Secretaria de actas: Ana María Bomben (Argentina)  
 Past presidente: Rodolfo Touzet

La asamblea tuvo como participantes a los presidentes y representantes de las sociedades de Protección Radiológica

integrantes de la FRALC, junto con los representantes de las nuevas sociedades de Bolivia, Chile y Venezuela.

Otro acuerdo a reseñar fue la designación de la sede del IX Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, el cual se celebrará en las fechas del 15 al 19 de abril de 2013 en la ciudad de Río de Janeiro, coincidiendo por primera vez con el

“Día de la Protección Radiológica” (15 de abril). Para el sucesivo X Congreso, se acordó que será llevado a cabo en octubre de 2015, en Argentina.

Además de otros acuerdos, el plan de trabajo para el periodo 2010-2013 quedó esbozado por parte del consejo directivo.

Más información en: <http://proteccion-radiologica.blogspot.com>

Comité de redacción



### Convocatoria del Séptimo Programa Marco (FP7) para el estudio de mecanismos de acción de campos magnéticos ELF débiles

Dentro del área de efectos sobre la salud de agentes estresantes diferentes de los implicados en el cambio climático (Area 6.1.2.2 Health effects of environmental stressors other than climate change, ENV.2011.1.2.2-2), se enmarca la convocatoria para el estudio de los mecanismos de acción de campos electromagnéticos (Exposure to electro-magnetic fields (EMF): investigations of mechanisms to support risk assessment and reduce uncertainty).

La Comisión Europea resume así sus objetivos:

Campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja (en inglés ELF MF), asociados con el uso y la transmisión de energía eléctrica, han sido clasificados (OMS) como posibles carcinógenos para los seres humanos, principalmente sobre la base de la evidencia epidemiológica de una asociación entre la exposición residencial y leucemia en niños. Sin embargo, los mecanismos biológicos subyacentes no están claros. El ob-

jetivo será explorar mecanismos biofísicos que podrían explicar los efectos de los campos ELF ambientales en apoyo de una posible relación causal entre el cáncer (especialmente leucemia infantil) y la exposición electromagnética. Entre los objetivos, se incluye el desarrollo de métodos y modelos óptimos (in vitro, ex vivo e in vivo) para el estudio de la exposición y de sus efectos, así como una mejor comprensión de las exposiciones, especialmente en la infancia.

Diseño de financiación: Proyectos colaborativos (proyecto que prioriza la investigación a pequeña o mediana escala)

Criterio adicional de elegibilidad: Proyectos de colaboración en este tema sólo serán seleccionados para su financiación a condición de que la contribución de la UE que va a las PYME (s) es del 15% o más de la contribución comunitaria total estimada para el proyecto en su conjunto. Esto se evaluará al final de la negociación, antes de la firma del acuerdo de subvención. Las propuestas que no cumplan este criterio no serán financiadas.

Impacto previsto: Mejora de la evaluación de riesgos y de la gestión de los entornos artificiales en un dominio con alto grado de incertidumbre científica, preocupación del público, evolución de las necesidades de reglamentación y compleja interacción de las cuestiones sociales y tecnológicas. Contribución a la sostenibilidad del medio ambiente y al perfeccionamiento de la administración del riesgo. Los resultados serán de interés y beneficio potencial para las PYME participantes. Más información disponible en la Web: [http://cordis.europa.eu/tp7/dc/index.cfm?fuseaction=UserSite.CooperationDetails.CallPage&call\\_id=366](http://cordis.europa.eu/tp7/dc/index.cfm?fuseaction=UserSite.CooperationDetails.CallPage&call_id=366)

Comité de redacción

## PUBLICACIONES

### Publicaciones NCRP



#### NCRP Report No. 163: Radiation Dose Reconstruction: Principles and Practices.

La reconstrucción de dosis de radiación es la evaluación retrospectiva de dosis a individuos identificables o representativos. En este informe, la reconstrucción de dosis incluye las estimaciones de dosis absorbida a órganos individuales

o a tejidos para situaciones de exposición específicas. El objetivo es que sirvan de apoyo en estudios epidemiológicos y en la dirección de intervenciones en exposiciones accidentales o malévolas y/o, simplemente, aporten información individual o pública.

Este informe ilustra diferentes escenarios y acentúa que todos los proyectos de reconstrucción de dosis incorporan unos elementos básicos comunes que son descritos e ilustrados con ejemplos.

ISBN 978-0-9823843-1-2

<http://www.ncrppublications.org/Reports/163>

Comité de redacción

## Publicaciones ICRP

### **ICRP Publication 111: Application of the Commission's Recommendations to the Protection of Individuals Living in Long Term Contaminated Areas After a Nuclear Accident or a Radiation Emergency**

*Annals of the ICRP Volume 39 Issue 3.*

Esta publicación trata sobre el uso de las recomendaciones de ICRP en la protección radiológica de la población que vive en áreas contaminadas a largo plazo (después de un accidente nuclear o de una emergencia radiológica), de las estrategias a seguir, del control de los niveles de radiación en estas zonas, de la vigilancia de salud de las personas que allí habitan y del control de los productos alimenticios contaminados y de otras materias primas. Consta de 6 capítulos y un anexo.

ISBN-13: 978-0-7020-4191-4

[http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws\\_home/722247/description#description](http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/722247/description#description)

Comité de redacción

## Publicaciones Radiation Protection. European Commission

### **EU Scientific Seminar 2009. "Childhood Leukaemia - Mechanisms and Causes"**

*Report RP 163.*

Esta publicación recoge el resumen del seminario científico celebrado en Luxemburgo, el 3 de noviembre de 2009, sobre los mecanismos y las causas de la leucemia en la infancia. Cinco científicos de reconocido prestigio internacional, cuyo trabajo se centra en la leucemia y la infancia, presentaron sus conocimientos sobre este tema. Los cinco ofrecieron una descripción general sobre los últimos avances seguida de una presentación sobre los factores de riesgo de leucemia durante la infancia. Las presentaciones fueron seguidas de una mesa redonda, en la cual, los ponentes y los expertos invitados discutieron las implicaciones potenciales y las necesidades en investigación.

Consta de 8 capítulos, siendo de especial interés: Childhood leukaemia - General overview and ongoing Studies, Etiology of childhood acute leukemias - Current status of knowledge, Epidemiology of Childhood Leukaemia and Ionising Radiation, Childhood leukaemia around nuclear installations y Contributions to the round table discussion.

[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/163.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/163.pdf)

Comité de redacción

## Publicaciones AAPM

### **Comprehensive Methodology for the Evaluation of Radiation Dose in X-Ray Computed Tomography. Report of AAPM Task Group 111: The Future of CT Dosimetry**

Este report resume los resultados teóricos, computacionales y experimentales de un nuevo sistema dosimetría para TC apli-

- cable a las pruebas de aceptación y control de calidad, más allá de las limitaciones de CTDI100. Este sistema emplea un método de medida común y un juego de ecuaciones directamente aplicable a los modos helicoidales y axiales de TC, es válido para cualquier anchura de haz, incremento de mesa, longitud de exploración y maniquí. La intención es especificar, de manera más exacta, la dosis TC de radiación usando una medida teóricamente coherente y con una metodología que fácilmente pueda ser puesta en práctica por físicos médicos y que pueda ser apoyada por los fabricantes, reguladores...
- [http://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_111.pdf](http://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_111.pdf)

Comité de redacción

## Publicaciones IAEA

### **Establecimiento de Niveles Orientativos en Radiografía General y Mamografía.**

IAEA TECDOC CD Series No. 1646.



Versión en español, en CD, de los niveles orientativos en radiografía general y mamografía.

ISBN 978-92-0-353510-6

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1646\\_CD/Start.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1646_CD/Start.pdf)

Comité de redacción

## Publicaciones CSN

### **Radiación y Protección Radiológica. Guía didáctica para centros de Enseñanza Secundaria**

CSN, MEC, 2010. (192 págs)



El objetivo de la guía didáctica es ofrecer al profesorado de enseñanza secundaria un manual que sirva para introducir a los alumnos y alumnas en los usos y aplicaciones de las radiaciones ionizantes.

Desde el Consejo de Seguridad Nuclear, y con la autorización de la Comisión Europea, se ha actualizado y editado en dos volúmenes el Curso para escuelas de enseñanza primaria y secundaria; una experiencia puesta en marcha por la Dirección General XI (Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil) de la Comisión Europea.

[http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/otras\\_publicaciones/guia\\_radia\\_web.pdf](http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/otras_publicaciones/guia_radia_web.pdf)

### **Protección frente a la Inmisión de Gas Radón en Edificios**

Colección de Informes Técnicos. 24.2010. (76 págs)

Esta publicación comienza con un acercamiento a la problemática que supone habitar en espacios con excesivas concentraciones de gas radón, continúa con un planteamiento a nivel



normativo para afrontar la protección frente a la penetración del gas en vivienda nuevas y termina con la presentación de los resultados de una investigación sobre técnicas de intervención probadas en un módulo que reproduce las características de una vivienda construida.

Se pretende ofrecer una visión sobre técnicas de protección destinadas a reducir la presencia de radón en el interior de los edificios, diseñadas con sistemas constructivos habituales en España y basándose en los conocimientos adquiridos experimentalmente, con el objetivo de servir de referencia técnica para normativas futuras y, por otro lado, como directrices para la aplicación práctica en casos reales.

[http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/unitarias/informos\\_tecnicos/inmisiinradnok.pdf](http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/unitarias/informos_tecnicos/inmisiinradnok.pdf)

Comité de redacción

## Publicaciones UNSCEAR



### **Sources and Effects of Ionizing Radiation.**

UNSCEAR 2008 Report

El informe se basa en el contenido científico de tres puntos principales: fuentes de exposición a la radiación, el accidente de Chernobyl y los efectos en la biota (excluyendo humanos). Se incluyen dos anexos científicos sobre las exposiciones médicas a radiación (Anexo A, 202 páginas) y sobre las exposiciones del público y trabajadores a varias fuentes de radiación (Anexo B, 245 páginas).

ISBN: 978-92-1-1422740

[http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008\\_1.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html)

Comité de redacción

# CONVOCATORIAS 2010-2011

“más información en [www.sepr.es](http://www.sepr.es)”

## DICIEMBRE

### • 9<sup>th</sup> Lowrad International Conference

Del 13 al 15 de diciembre en Barcelona.

Más información: [www.wonucspain.org](http://www.wonucspain.org).

## ENERO

### • International Workshop on Optimization of Radiation Protection of Medical Staff (ORAMED 2011)

Del 20 al 22 de enero en Barcelona.

Más información: [www.upc.edu/inte/oramed](http://www.upc.edu/inte/oramed).

## FEBRERO

### • The 44<sup>th</sup> Annual Midyear Meeting of the Health Physics Society

Del 6 al 9 de febrero en Charleston, South Carolina.

• Más información: [www.hpschapters.org/2011midyear/abstracts/](http://www.hpschapters.org/2011midyear/abstracts/)

### • EURADOS Annual Meeting, AM2011

• Del 7 al 11 de febrero en Praga, República Checa.

• Más información: [www.eurados.org](http://www.eurados.org).

### • 2<sup>nd</sup> IRPA International Workshop on Radiation Protection Culture

• Del 10 al 11 de febrero en Charleston, Carolina del Sur, EE.UU. Más información: [www.irpa.net](http://www.irpa.net)

• Del 25 al 29 de octubre en Tokio, Japón.

• Más información: [www-pub.iaea.org](http://www-pub.iaea.org)

### • International Conference on Environmental Radioactivity

• Del 25 al 27 de octubre en Roma, Italia.

• Más información: [www.environmentalradioactivity2010.com](http://www.environmentalradioactivity2010.com)

# CURSOS 2010

## El Radón: exposición de riesgo para la salud. Soluciones para su reducción.

**Organización:** Organizado por el Área de Medicina Preventiva y de Salud Pública de la Universidad de Santiago de Compostela y por el Laboratorio de Radón de Galicia, Servicio de Medicina Preventiva y Salud Pública.

Colaboran el Servicio Gallego de Salud, el CSN y el Instituto de Investigación Sanitaria de Santiago de Compostela.

Actividad de formación de tres créditos (30 horas), en el marco de los Cursos de Formación continua de la Universidad de Santiago de Compostela

**Fechas de celebración:** 22 a 26 de noviembre de 2010

**Lugar:** Aula de docencia nº 1 del Hospital Clínico Universitario de Santiago. Travesía da Choupana s/n 15706. Santiago de Compostela.

**Objetivos:** 1) Contribuir a la expansión del conocimiento del radón y sus riesgos en el público y en los sectores protagonistas

de las futuras políticas de prevención y reducción. 2) Dar a conocer a los responsables de las administraciones las soluciones normativas a incorporar a la legislación como medidas de reducción y prevención de la contaminación en domicilios y edificaciones públicas. 3) Ofrecer un marco de discusión a responsables de los sectores implicados y ciudadanos para unificar conocimientos y criterios a la luz del conocimiento científico y técnico sobre el problema del radón.

**Dirigido a:** profesionales de sectores implicados (arquitectos, promotores inmobiliarios, constructores, empresas de materiales específicos anti-radón o de climatización), personal de las diversas administraciones (municipales, provinciales, autonómicas), y alumnos universitarios y de ciclos de FP de la rama ambiental.

**Información, preinscripción y matrícula:** Área de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina (2ª planta), Rúa San Francisco s/n 15701. Tel.: 981-594488 Ext 12278.

• Laboratorio de Radón de Galicia. Servicio de Medicina Preventiva y Salud Pública, Hospital Clínico Universitario. Planta 0, Edificio Principal. Travesía da Choupana s/n. Tel: 981-955094 / 600-942434



# Socios colaboradores de la SEPR



ASOCIACIÓN NUCLEAR  
ASCÓ - VANDELLÓS II, A.I.E.

