

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN 2009



▲ **Entrevista:**

Miguel Herrador

*Presidente del Comité Organizador
del Congreso Conjunto SEFM-SEPR de
Sevilla 2011*

▲ **¿Es necesario adoptar medidas de protección radiológica ocupacionales en algunas industrias NORM españolas dedicadas al procesado de minerales o materias primas?**

▲ **Detección de lesiones tumorales en fosa posterior en imágenes de Tomografía Computarizada cerebral para diversas condiciones de adquisición: un enfoque preliminar**

Directora

Beatriz Robles

Coordinadora

Ángeles Sánchez

Comité de Redacción

Borja Bravo

Teresa Durán

Rosa Gilaranz

Cristina Garrido

José Gutiérrez

Teresa Navarro

Lola Patiño

Matilde Pelegrí

Pedro Ruiz

Inmaculada Sierra

M^a 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 comparta necesariamente.



S U M A R I O

- Editorial **3**
- 30º Aniversario de la SEPR **4**
- Entrevista **6**
 - Miguel Herrador
Presidente del Comité Organizador del Congreso Conjunto SEFM-SEPR de Sevilla 2011
- Noticias **9**
 - de la SEPR 9
 - de España 54
 - del Mundo 59
- Jornada Anual sobre Protección Radiológica **17**
- Colaboraciones **40**
 - ¿Es necesario adoptar medidas de protección radiológica ocupacionales en algunas industrias norm españolas dedicadas al procesamiento de minerales o materias primas? 40
R. García-Tenorio y J.P. Bolívar
 - Detección de lesiones tumorales en fosa posterior en imágenes de Tomografía Computarizada cerebral para diversas condiciones de adquisición: un enfoque preliminar 47
M. Pérez, A.E. Carvalho-Filho, H.J. Khoury, M.C. Casas, M.E. Andrade y J.E. Paz
- Proyectos de Investigación **64**
- Publicaciones **66**
- Convocatorias y Cursos **69**

Editorial

Este número de la revista *RADIOPROTECCIÓN* llega a los socios en el ecuador del año 2010. Como se ha venido anunciando en nuestra web y también a través de esta publicación, este año se han programado 4 jornadas técnicas y 6 cursos o talleres, de temática muy diversa. En el primer semestre ya se han celebrado la mitad de las actividades programadas, con un gran nivel de participación y un alto nivel científico.

Entre las jornadas destaca la celebrada el pasado 8 de abril en el CIEMAT: La protección radiológica en el 2009. Como en años anteriores, en esta jornada se ha pasado revista a lo más relevante que ha ocurrido en el año 2009 en este campo. Se complementó esta jornada con la conmemoración del XXX aniversario de la SEPR. En ella, el profesor Agustín Alonso pronunció una interesante conferencia en la que rememoró los primeros usos de las radiaciones ionizantes en España y se ofreció un cocktail a todos los asistentes. En este número de la revista se recoge el resumen de las presentaciones de la Jornada y esperamos que poco a poco, estos resúmenes que venimos publicando en *RADIOPROTECCIÓN* sirvan para ayudar a ir escribiendo la historia de la Protección Radiológica en nuestro país.

En este trimestre la SEPR también ha publicado su libro sobre partículas calientes, referido a las partículas radiactivas discretas. A partir de la definición de partículas calientes y su clasificación, el libro describe sus características y comportamiento para hacer entendibles sus riesgos. Incluye aspectos sobre como realizar el control de las partículas calientes, su comportamiento en la atmósfera y en el medio acuático, y sobre todo la evaluación de los riesgos en humanos. La SEPR ha puesto a disposición de todos los socios que lo soliciten un ejemplar de esta publicación.

Otro hecho muy relevante en nuestro campo ha sido la presentación, el pasado 31 de mayo, del estudio epidemiológico realizado por el Instituto Carlos III y el CSN en el entorno de las instalaciones nucleares de nuestro país. El estudio se inició en el año 2006 a solicitud del Congreso de los Diputados, y su objetivo ha sido determinar el potencial impacto radiológico en

la salud de la población de las 15 instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible nuclear que han operado desde 1975. Los resultados del mismo concluyen que las dosis acumuladas que habría podido recibir la población debido a la operación de estas instalaciones son muy reducidas y que no se ha detectado incremento de la mortalidad por cáncer asociada al funcionamiento de las instalaciones, lo cual es una buena noticia para el sistema de Protección Radiológica de nuestro país.

Finalmente, en este trimestre hay que destacar la celebración institucional del XXX aniversario del Consejo de Seguridad Nuclear, que tuvo lugar el pasado 28 de junio en el Senado. En esta acto el CSN estuvo acompañado por multitud de personalidades del mundo nuclear español e internacional, que expresaron el reconocimiento a este organismo por su importante labor y su contribución a la Seguridad nuclear y la Protección Radiológica de España y del mundo.

A la vista tenemos el verano y después ya el último trimestre del año. Aparte de realizar las actividades programadas, la SEPR esta ya mirando al año 2011, año de congreso. Por eso, también hemos incluido en este número una entrevista con el Miguel Herrador, Presidente del próximo Congreso, conjunto SEPR-SEFM, que se celebrará en Sevilla del 10 al 13 de mayo. En esta entrevista Miguel nos presenta las líneas generales del Congreso y nos anima para que reservemos estas fechas en nuestra agenda.

Pío Carmena Servet
Presidente de la SEPR



Secretaría Técnica

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

Junta Directiva

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

Comisión de Actividades Científicas

Presidenta: M^ª Luisa España
Secretaria: Isabel Villanueva
Vocales: Josep Baró, Francisco Carreras,
Francisco García, Margarita Herranz,
M^ª 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^ª Luisa España
Vocales: Cristina Correa, Eduardo Gallego,
M^ª Jesús Muñoz, M^ª Teresa Ortiz,
Beatriz Robles, Carmen Vallejo

Comisión de Asuntos Institucionales

Presidente: Pío Carmena
Secretaria: M^ª 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

30 Aniversario de la Sociedad Española

El día 8 de abril, y coincidiendo con la Jornada Anual sobre Protección Radiológica 2009, se celebró en el Salón de Actos del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) un cóctel conmemorativo de los 30 años de existencia de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Reproducimos a continuación el discurso del presidente de la SEPR, Pío Carmena y diversas fotografías de los actos realizados por la SEPR en los últimos cinco años.

En el guión que me han preparado han dicho que el presidente tiene que decir unas palabras. En realidad, también habíamos preparado una intervención del presidente fundador, Emilio Iranzo. La idea era que nos constase, con la mano en el corazón, cómo ve ahora esta Sociedad y cómo es de parecida a la que en su día imaginaron sus fundadores. Emilio no ha podido estar con nosotros pero ha delegado en Leo (Leopoldo Arranz) para que haga su alocución.

En cualquier caso, lo que la Junta Directiva ha pretendido con esta celebración es rendir un homenaje a todos aquellos que han creído y creen en nuestra Sociedad y han contribuido a hacerla más importante. Muchos socios destacados no han podido venir y me han enviado un saludo para todos vosotros. Quiero recordar una anécdota que me ha escrito Paco Díaz de la Cruz, que me dice que el escudo-logotipo de nuestra sociedad fue fruto de un concurso convocado en la primera Junta Directiva al que solamente se presentó el. Su propuesta fue someter el trébol de la señal de radiación a unas transformaciones matemáticas (él es matemático) como la inversión y la homotecia y transformándolo en los tres triángulos que representa nuestro actual logotipo.

Ahora tenemos muchas cosas: socios, credibilidad, recursos, una magnífica revista RADIOPROTECCIÓN, una estupenda página web, creativos que nos diseñan el logotipo, etc. Si, ahora es como si fuéramos en AVE, pero esto ha sido por el esfuerzo desinteresado de muchos de vosotros.

Para no perder el recuerdo, en la pantalla tenéis las mismas fotos que se proyectaron en Huelva con motivo de nuestro 25 aniversario, pero con los últimos 5 años incorporados. ¡Cómo pasa el tiempo! También hemos incorporado un reportaje fotográfico de la ExpoPR, que en Huelva aún no existía. Yo insisto mucho en este valioso activo de nuestra Sociedad, el único



activo material de hecho, y quisiera agradecer a los miembros del Grupo que la han hecho posible su dedicación y a Enresa su colaboración en el mantenimiento de la misma.

No os voy a entretener más. Solamente, en nombre de la Junta Directiva quiero dar un saludo entrañable a todos y cada uno de los miembros de las pasadas Juntas Directivas de nuestra Sociedad, a todos los socios, en especial a los que han venido de fuera y, una vez más, destacar que el gran valor de esta Sociedad, su enorme potencial es que los que somos, estamos aquí porque queremos, porque creemos en esto, sin que nos empujen otros intereses empresariales o comerciales. Para acabar quiero brindar con vosotros y como siempre acaba sus mensajes nuestra vicepresidenta,: **¡Viva la SEPR!**



Jornada Protección Radiológica 2006



Jornada ICRP 2006

pañola de Protección Radiológica



Congreso SEPR (Huelva, 2005).



Asamblea Extraordinaria 2006.



Congreso IRPA 12 (Argentina, 2009).



Congreso SEPR (Tarragona, 2007).



Reunión de Sociedades Europeas de PR 2008.



Visita a El Cabril 2008.



Reunión SEPR-SFRP 2008.



Convenio colectivo SEPR-Instituto Ingeniería 2008.



Congreso Conjunto SEPR-SEFM 2009.



Congreso IRPA 12 (Argentina, 2009).



Convenio SEPR-Universidad Pontificia de Comillas, 2009



Jornada cultura PR , 2009.



Congreso SEPR (Tarragona, 2007).



Reunión de Sociedades de PR 2009.

MIGUEL HERRADOR

Presidente del Comité Organizador del Congreso Conjunto SEFM-SEPR de Sevilla 2011

El presidente del próximo congreso que de nuevo se va a realizar conjuntamente con la SEFM es doctor en Física y especialista en Radiofísica Hospitalaria, socio de la SEFM y socio fundador de la SEPR. Actualmente, y desde 1997, es el jefe del Servicio de Radiofísica del Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla.



Las Sociedades Españolas de Física Médica y de Protección Radiológica, han hecho un análisis en profundidad de los resultados de su primer congreso conjunto, tanto en sus asambleas como en sesiones de las correspondientes juntas directivas.

El balance ha sido claramente positivo y por ello han decidido repetir la experiencia y encargar a un grupo de profesionales, a los que tengo el honor de representar en estos momentos, la organización de su segundo congreso conjunto.

Lo celebraremos en Sevilla del 10 al 13 de mayo de 2011 y vaya por delante nuestro reconocimiento y agradecimiento a los compañeros que, en su momento, se responsabilizaron de la organización del primer congreso conjunto en Alicante. Aprenderemos de ellos y si en algún punto pudiéramos mejorar, partimos con la ilusión y el compromiso de hacer todos los esfuerzos necesarios para conseguirlo.

La sede será el Hotel Meliá Sevilla, cuyas instalaciones pueden y deben facilitar 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, al afamado Parque de María Luisa con la Plaza de España y otras joyas arquitectónicas de la Exposición de 1929, y a 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.

Nuestra pretensión es establecer un equilibrio y complementariedad entre ambas sociedades y entre la calidad y la seguridad. Pero sólo con vuestras aportaciones se podrá alcanzar plenamente este objetivo que con verdadera ilusión nos planteamos.

Por todo ello, 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 y para todos los profesionales de la protección radiológica y de la física médica.

Miguel Herrador
Presidente

¿Qué razones han llevado a la organización a seleccionar Sevilla como sede del próximo Congreso conjunto SEFM-SEPR?

En Sevilla existe un nutrido grupo de profesionales cuya actividad se relaciona directamente con la física médica y la protección radiológica.

Estamos en la Universidad, en los Hospitales y en la Empresa, y contribuimos con nuestro trabajo al más adecuado y más seguro uso de los agentes físicos, sobre todo aquellos que comportan un riesgo, en la medicina, la investigación, en la industria o cualquier otra rama de la actividad humana.

Aunque ya organizamos el Congreso de la Sociedad Española de Física Médica, sin embargo nunca en Sevilla se ha celebrado el Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica y creo que hemos sabido transmitir a los demás socios nuestra ilusión de organizar el congreso conjunto de ambas y nuestra capacidad para hacerlo.

Siguiendo la tradición de anteriores ediciones, ¿cuál es el lema del Congreso de Sevilla?

Nuestro lema es "calidad y seguridad en el uso de las radiaciones" que creemos resume y al mismo tiempo aglutina nuestros esfuerzos en garantizar que el uso de las radiaciones en las diferentes actividades humanas, sea efectivo, eficaz y se lleve a cabo en las condiciones más favorables en términos de prevención y seguridad.

¿Cuáles son los objetivos marcados para este Congreso?, ¿qué novedades se proponen? ¿qué líneas considera interesantes para fomentar la presentación de ponencias en el Congreso?

Lo principal es conocer el análisis y las conclusiones de los expertos mundiales así como los planteamientos de



los Organismos Reguladores ante las nuevas perspectivas energéticas y la protección al medio ambiente.

Además, es fundamental analizar los retos que nos presentan las nuevas tecnologías médicas con radiaciones ionizantes, en aspectos como la protección al paciente, las consecuencias en la protección operacional de los profesionales y los contenidos formativos del radiofísico.

Por otra parte, creo que sería muy interesante para el Congreso de Sevilla discutir la actualidad sobre los efectos de otros agentes físicos.

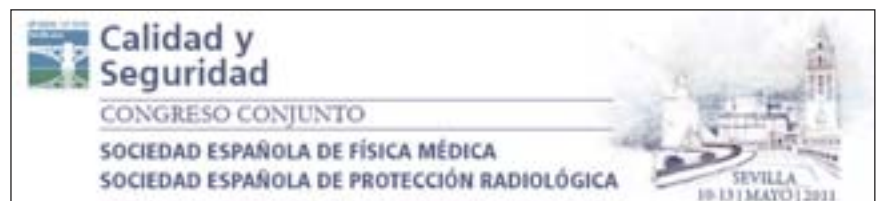
Después de la primera experiencia de organización conjunta entre las dos sociedades, y a la vista de la encuesta realizada a los asistentes, ¿cómo

se pretende conjugar el interés de los miembros de ambas sociedades?

Los contenidos de las sesiones y sobre todo los temas de las conferencias deben despertar un alto interés en los socios independientemente de su dedicación. Para ello la labor del Comité Científico es trascendental: deben tener un gran peso los contenidos comunes, pero la calidad y la presencia de aquellos temas que pueden ser más específicos han de ser evidentes.

¿Qué previsiones hay en este momento de asistencia de congresistas?

En otras circunstancias nos atreveríamos a decir que vamos a superar en asistencia al Congreso de Alicante que fue todo un éxito en este aspecto. Pero la situación económica actual





nos obliga a ser prudentes. No obstante creo y espero que al menos estaremos en cifras similares.

La presentación de los trabajos realizados por los profesionales constituye el eje central del Congreso. ¿Qué líneas de trabajo se prevé que sean las más analizadas en esta edición?

Las nuevas tecnologías de tratamiento y de diagnóstico con radiaciones creo que ocuparán un lugar preferencial, pero no solamente en los aspectos referidos a las mejoras curativas o facilitadoras del diagnóstico veraz, sino también a los derivados del análisis de las dosis al paciente, profesionales y público, su control y su optimización.

Por otra parte creo que el momento actual es propicio para conocer las nuevas propuestas en materia de protección radiológica del medio ambiente, las inquietudes sobre los efectos de las radiaciones no ionizantes y como no la revisión de los

contenidos formativos de los nuevos profesionales.

Además de las sesiones técnicas, ¿qué otro tipo de actividades científicas está previsto que se lleven a cabo?

Como ya he comentado, nuestro Comité Científico tiene la intención y la ilusión de incluir en el congreso conferencias del más alto nivel sobre diferentes temas. En ello están trabajando y me consta que no ahorrarán esfuerzos para conseguirlo.

Por otra parte tanto el Comité Organizador como el Científico desean que la conferencia inaugural sea muy especial y si me apura novedosa.

Uno de los retos de las sociedades científicas es implicar a los jóvenes investigadores en sus actividades. ¿Tiene previsto el Comité Organizador alguna iniciativa en este sentido?

Se están barajando varias propuestas al respecto. Nuestra intención desde luego es premiar a los mejores traba-

jos presentados por nuestros jóvenes, de acuerdo con las Juntas Directivas y en función de las posibilidades.

La exposición comercial es un elemento fundamental para la financiación del Congreso. ¿Qué acciones se promoverán para potenciar esta actividad?

Hemos desarrollado un plan de patrocinio que permitirá a nuestros patrocinadores tradicionales contactar comodamente con los congresistas de varias formas: stands, presentaciones, conferencias, demostraciones, y ampliar el espectro con nuevos interesados en aprovechar la ocasión para mostrar sus tecnologías.

Además de un encuentro profesional de alto nivel, el Congreso es un punto de reunión entre todos los asistentes y sus acompañantes, para compartir momentos de esparcimiento. ¿Qué actividades ha previsto el Comité Organizador para el programa social?

En estos momentos ya podemos decir que la recepción oficial de los congresistas tendrá lugar en el privilegiado marco de los Reales Alcázares donde además ofreceremos un cóctel de bienvenida y efectuaremos una visita guiada del recinto y sus jardines.

Hemos realizado los primeros contactos y han sido positivos, para ofrecer un acto cultural en nuestra Catedral, que como conoce es la tercera del mundo en tamaño, para el segundo día.

Y por supuesto celebraremos el Jueves nuestra cena de gala, en cuya organización ya estamos trabajando.

Ofreceremos también un programa de acompañantes que les permitirá conocer nuestra ciudad y sus alrededores así como disfrutar de todos sus encantos.

LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La Junta Directiva de la SEPR celebró su reunión el 10 de junio en la sede de Unesa. Durante la misma se presentaron los informes de las comisiones siguientes: Comisión de Asuntos Institucionales, Comisión de Actividades Científicas, Comisión de Publicaciones y Comisión Económica.

También se presentaron los avances de los trabajos de los Foros que se resumen en:

– Foro de PR en el Medio Sanitario

En ausencia de Ricardo Torres, María Luisa España informa de la última reunión del Foro en el que se debatió el estado actual de los grupos de trabajo, estando ya próximo a finalizar su trabajo el de alta de pacientes de terapia metabólica, y el de dosis administrativas. En este último se ha constatado el gran número de dosis administrativas en algunos centros, por lo que el CSN tiene previsto tomar alguna medida de apercibimiento. En breve se va a convocar el de recursos humanos y materiales en los SPR.

– Foro de PR en el Área Industrial

Pío Carmena informa que se ha mantenido una reunión con el grupo Mixto CSN/SEPR sobre la “planificación de tareas”, creado dentro del Foro. En dicha reunión hubo consenso en relación con el documento correspondiente. La versión final del mismo será elevada para aprobación en breve.

El “Taller de Emergencias” previsto para noviembre, continúa su organización.

– Foro de UTPR

Pío Carmena comunica que este Foro se ha reunido el día 16 de abril. Informa Carmen Álvarez sobre las modificaciones que se han introducido en el modelo de contrato. El otro grupo de trabajo sobre medios humanos y materiales que se debe seguir en concordancia con el de la SEPR, y comenta la necesidad de que el grupo esté más equilibrado, ya que en la actualidad hay pocos componentes por parte de la SEPR. Se acuerda que Pío Carmena transmitirá esta observación al Josep Varó.

Se eligieron más temas para abordar próximamente: Modelo de Programa de PR para dentistas. Modelos para elaboración de certificado de conformidad.

Pedro Carboneras, en su calidad de copresidente del Comité Científico del Congreso de Sevilla 2011, presento las actuaciones realizadas que pueden resumirse en:

- Se han realizado gestiones para reequilibrar el Comité Científico (CC), entre los diferentes sectores, lo que se ha traducido en un comité muy numeroso.
- Se va a reequilibrar la estructura básica del programa. Ahora hay 18 áreas temáticas.
- De los seis cursos de refresco, tres ya están decididos, el que había previsto de dosimetría interna será dosimetría ocupacional.
- Respecto a los premios del congreso, lo lógico sería un premio del sector sanitario y otro del sector no sanitario.
- Los gastos de los comités deberán estar incluidos en los gastos del congreso.

Se acuerda retomar la idea de mantener una reunión SEPR-SEFM con representantes del Comité Organizador y Científico antes de verano para comentar la marcha de la organización del congreso.

Otros temas de interés que se trataron para su aprobación en la reunión fueron:

– Designación de la representación de la SEPR en los congresos regionales europeos e iberoamericanos.

Eduardo Gallego y Óscar González representarán a la SEPR en Helsinki. Para el Congreso Iberoamericano de Medellín los representantes serán Juanjo Peña y Leopoldo Arranz.

– Reunión con la SESA y acuerdo de colaboración

Pío Carmena ha enviado a los miembros de la Junta Directiva el informe correspondiente a la reunión celebrada entre la Sociedad Española de Sanidad Ambiental y la SEPR el día 19 de mayo. Junto con este informe se ha remitido el borrador del convenio de colaboración entre ambas sociedades. Se aprueba la firma de este convenio.

– Reunión con la SERAM y acuerdo de colaboración

M^{ra} Luisa España informa de la reunión celebrada el día 21 de mayo, en la que se planteó la firma un acuerdo de colaboración entre ambas sociedades. Presenta a la Junta Directiva una propuesta de dicho acuerdo. Se aprueba la firma de este convenio. Para el desarrollo de las actividades conjuntas está previsto formar comisiones de trabajo con dos representantes por cada sociedad.

– Publicación sobre partículas calientes: criterios de distribución y condiciones de aportación a EPRI

Pío Carmena informa de la publicación de este documento. Se ha notificado a los socios que un ejemplar de este libro está a su disposición de manera gratuita (sólo pagan los gastos de envío, si existen). Para copias adicionales y no socios se ha fijado un precio por ejemplar de 10€, mas gastos de envío.

A nivel internacional esta publicación ha despertado bastante interés ya que cubre un hueco en la bibliografía existente sobre el tema. Por ello EPRI ha solicitado un ejemplar del documento para estudiar la viabilidad de hacerlo disponible, en inglés, a la industria nuclear norteamericana. Las condiciones que se pueden plantear serían que la SEPR cede a EPRI el documento para que lo utilice citando a la SEPR como fuente y, si se tradujera al inglés, se debería facilitar esta traducción a la SEPR. Se aprueba esta propuesta, felicitando al Grupo de Trabajo.

– Colaboración Seminario ALARA nucleares

En la última reunión de sociedades europeas el representante de la SFRP francesa comentó su interés de organizar un seminario conjunto sobre la optimización de dosis colectivas en las centrales nucleares. Tras un intercambio de opiniones se aprueba que la SEPR colabore con Unesa en esta actividad.

– Traslado temporal de ExpoPR a Santiago de Compostela

Pío Carmena comenta que dentro de las iniciativas de promover el conocimiento de la protección radiológica, se comenta que hacer exposiciones itinerantes material de la

ExpoPR podría ser una actividad interesante. En este sentido, en el Congreso de Alicante, algunos socios de Galicia expresaron su interés en poder llevar parte de la ExpoPR a esta zona. Además, este año se celebra del 6 al 8 de octubre la Reunión Anual de la SNE en Santiago de Compostela, organizada por Gas Natural Fenosa, que también se ha mostrado dispuesta a colaborar en este proyecto.

M^a Teresa Macías
Secretaria General de la SEPR

Cambios en el Comité de Redacción

Desde el pasado mes de mayo, Beatriz Robles, hasta el momento coordinadora de la revista RADIOPROTECCIÓN, es la nueva directora de la misma. El puesto de coordinadora lo ha asumido Ángeles Sánchez, gran conocedora de la publicación pues ya fue miembro del Comité de Redacción que, a partir de ahora queda formado como sigue:

- Directora - Beatriz Robles
- Coordinadora - Ángeles Sánchez
- Comité de Redacción - Borja Bravo, Teresa Durán, Rosa Gilarranz, Cristina Garrido, José Gutiérrez, Teresa Navarro, Lola Patiño, Matilde Pelegrí, Pedro Ruiz, Inmaculada Sierra, M^a Luisa Tormo, Ángeles Trillo, Fernando Usera.
- Coordinador de la página electrónica - Juan Carlos Mora



Comité de redacción

Resumen del Curso "Efectos de los Campos Electromagnéticos sobre la Salud"

Durante los días 14 a 16 de abril se celebró la segunda edición del curso de formación continuada "Efectos de los Campos Electromagnéticos (CEM) sobre la Salud" (20 horas lectivas) en la Facultad de Medicina de la Universidad de Málaga. El curso, con acreditación Seaformec, fue organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica, la Fundación del Ilustre Colegio Oficial de Médicos de Málaga, y el Departamento de Radiología, Oftalmología y Otorrinolaringología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Málaga. La coordinación del curso corrió a cargo de Alejandro Úbeda Maeso, investigador del Hospital Ramón y Cajal de Madrid, y de Rafael Ruiz Cruces, profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad de Málaga. Ambos coordinadores, formaban, junto con la investigadora M^a Ángeles Trillo Ruiz, el grupo docente del curso. Los tres profesores son miembros de la SEPR.

El acto inaugural se celebró en el Aula Magna de la Facultad de Medicina y estuvo presidido por el Dr. Juan José Sánchez Luque, presidente del Colegio Oficial de Médicos de Málaga, quien dio la bienvenida a los participantes y abrió el curso. En su presente edición, el curso contó con 69 registrados, entre los que se incluían algunos alumnos de Medicina y una mayoría de

profesionales procedentes de áreas diversas como la Física Médica, la Prevención de Riesgos o la Industria especializada en dosimetría y metrología de radiaciones no ionizantes. El interés y actitud participativa de la audiencia durante las ponencias y en los coloquios dieron dinamismo al curso y contribuyeron significativamente al éxito de este. Por eso, la calificación media de 9,25 puntos sobre 10, con que los alumnos expresaron su satisfacción con los contenidos y el desarrollo del curso, es un fiel indicador del alto nivel de los alumnos y de su contribución a optimizar la labor docente de los profesores.

Los objetivos del curso fueron ya descritos en el N^o 63 de RADIOPROTECCIÓN, dentro de la sección de Noticias SEPR. El planteamiento consistió en ofrecer una visión general de los aspectos más relevantes de las interacciones de las radiaciones no ionizantes (RNI) y sus aplicaciones biomédicas, analizar la evidencia reciente, epidemiológica y experimental, sobre los bioefectos de las RNI y definir el presente marco de la protección radiológica ante exposiciones ocupacionales a RNI en el ámbito sanitario, poniendo de relieve la necesidad de establecer normativas y estrategias de radioprotección eficaces. Específicamente, se profundizó en los procedimientos de imagen médica basados en RNI, en las posibles repercusiones de la aplicación de la Directiva Europea de 2004 y en las estrategias a desarrollar en caso de transposición a la legislación española, prevista para 2012.

Otras temáticas destacadas, que atrajeron preferentemente el interés de la audiencia, fueron: (1) la descripción de estrategias terapéuticas/diagnósticas, emergentes y en desarrollo, basadas en la aplicación controlada de señales electromagnéticas y corrientes eléctricas en el espectro no ionizante. (2) En cuanto a la evidencia científica sobre bioefectos de RNI, datos recientes siguen aportando pruebas consistentes de respuestas celulares diversas a campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF) y de radiofrecuencia/microondas (RF/MWV). Si bien la evidencia sobre la respuesta a señales específicas de telefonía móvil es todavía incompleta, debido a que la tecnología que permite la exposición y metrología en organismos experimentales está todavía en desarrollo. Los mecanismos subyacentes a las respuestas descritas en la literatura científica obedecerían a fenómenos biofísicos más sutiles y complejos que los considerados por ICNIRP para el establecimiento de sus criterios y límites de protección. En las presentes condiciones, existe un consenso general sobre la necesidad de ampliar y completar la evidencia científica sobre los blancos primarios, los mecanismos biológicos de respuesta y los factores de sensibilidad ante RNI. (3) Por su parte, es-



La audiencia. El curso contó con 69 registrados procedentes de ámbitos sanitarios y profesionales diversos.



Acto de apertura. El Dr. Juan José Sánchez Luque, Presidente del Colegio de Médicos de Málaga, flanqueado por los organizadores, pronunció la alocución de bienvenida que abrió el curso.

tudios experimentales en voluntarios y datos epidemiológicos recientes han revelado efectos inmediatos (neuroestimuladores y cognitivos) sutiles y reversibles ante exposiciones agudas a señales débiles, e indicios de potencial daño a largo plazo (tumores cerebrales y cefálicos) para exposiciones crónicas

a campos débiles o subumbral (por debajo de los límites de nocividad establecidos por las regulaciones internacionales). Sin embargo, dado que los mecanismos implicados en tales efectos no están suficientemente descritos, la evidencia citada se considera incompleta y no es considerada relevante para el establecimiento de nuevos límites de protección radiológica. En consecuencia, es necesario realizar nuevos estudios que, empleando diseños mejorados, permitan descartar la posibilidad de efectos nocivos subumbral o, en su caso, caracterizar adecuadamente las condiciones de sensibilidad y nocividad que permitan interpretar los resultados obtenidos en humanos. Entre tanto, diversas autoridades internacionales y nacionales en protección radiológica han expresado su preocupación acerca de si los estándares de protección ante efectos inmediatos de exposiciones a RNI son igualmente válidos para preservar la salud del público y de los trabajadores en caso de exposiciones crónicas. De hecho, numerosos países han comenzado a desarrollar estrategias de minimización de la exposición a RNI, sobre todo en la población infantil y subadulta. La sección dedicada a Noticias del Mundo, en este mismo número de la revista, incorpora información relacionada, en el apartado "Resultados de estudios epidemiológicos, Proyecto Interphone".

Comité de Redacción

Aplicación del Reglamento 1085/2009 sobre Instalación y Utilización de Aparatos de Rayos X con fines de Diagnóstico Médico

El día 24 de marzo tuvo lugar una jornada para debatir la problemática asociada a la aplicación del Reglamento 1085/2009 sobre Instalación y Utilización de Aparatos de Rayos X con fines de Diagnóstico médico. La jornada fue organizada por la SEPR, en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y el Hospital de La Princesa de Madrid. La organización corrió a cargo de M^a Ángeles García Fidalgo (jefe de Sección de Física Médica del Hospital Txagorritxu de Vitoria), Josep Baró Casanovas (jefe de Protección Radiológica de la UTPR ACPRO) y Rosa Villarroya González (jefe de Área de Servicios y Licencias del CSN).

La jornada fue un éxito de asistencia superando los 170 asistentes; además de miembros de la SEPR, representantes de consejerías de Sanidad y Direcciones Generales de Industria de

distintas comunidades autónomas, especialistas en Radiodiagnóstico, jefes de Servicios Técnicos de diferentes Empresas de Venta y Asistencia Técnica (EVAT), etc. ya que uno de los objetivos de la organización era que estuviesen representados todos los agentes implicados en la puesta en práctica de este reglamento.

Hubo tres mesas redondas moderadas por miembros de la SEPR, teniendo como ponentes a representantes del CSN, de la SERAM, de EVAT, de direcciones generales de Industria de CCAA, y representantes de servicios hospitalarios de Protección Radiológica y Unidades Técnicas de Protección Radiológica (UTPR), que dieron su punto de vista sobre los diferentes aspectos tratados del nuevo reglamento.

Primera Mesa "El proceso de compra y aceptación del equipamiento"

Participaron Ricardo Torres, del SPR del H. Río Hortera de Valladolid; Esteban Velasco, jefe de la UTPR ASIGMA; Ginés Madrid, jefe del Servicio de Radiodiagnóstico del H. Morales Meseguer de Murcia y representante de la SERAM y Julio Castellet en representación de la EVAT Philips.

En esta mesa se recordó que la adquisición del equipamiento radiológico en la sanidad pública está sujeta a la ley de compras del Estado (Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público) cuyo objetivo es regular la contratación del sector público, a fin de garantizar que la misma se ajusta a los principios de libertad de acceso a las licitaciones, publicidad y transparencia de los procedimientos, y no discriminación e igualdad de trato entre los candidatos, y de asegurar, en conexión con el objetivo de estabilidad presupuestaria y control del gasto, una eficiente utilización de los fondos destinados a la realización de obras, la adquisición de bienes y la contratación de servicios mediante la exigencia de la definición previa de las necesidades a satisfacer, la salvaguarda de la libre competencia y la selección de la oferta económicamente más ventajosa.

Entre los problemas de la aplicación de esta ley están la difícil adaptación a tecnologías ya que están en constante evolución, los criterios de valoraciones cuantificables y establecidas previamente que puede reducir la fiabilidad de los sistemas de valoración y la posible deriva hacia la valoración de criterios claramente objetivos con la preponderancia de los criterios económicos. Se identificaron las partes implicadas en la elaboración de las especificaciones de técnicas (en su elaboración deberán de participar el correspondiente médico especialista, el odontólogo o podólogo en el ámbito de su competencia y el especialista en radiofísica hospitalaria) y en la valoración de las ofertas y se recalcó que las pruebas de aceptación de los equipos, cuyos parámetros a verificar tendrán que estar detallados en las especificaciones de compra, deberán realizarlas el suministrador del equipamiento en presencia de un representante del comprador que sea técnicamente cualificado y los resultados que se obtengan deberán constar en un informe elaborado por el suministrador y aceptado por el representante del comprador, con objeto de que sirvan de referencia para los siguientes controles de calidad. Se considerarán requisitos mínimos exigibles para la aceptación, el cumplimiento de las características técnicas expresadas en las especificaciones de compra y la adecuación de los resultados de las pruebas de aceptación, a los niveles y tolerancias previstos en los documentos de normalización

nacionales o internacionales aplicables. Se incidió en la necesidad de separar lo que son pruebas de aceptación, según las especificaciones de compra y características técnicas del equipamiento ofertado, y las pruebas de estado para establecer el estado de referencia inicial.

Se comentaron los problemas a los que se enfrentan en la aceptación las casas suministradoras, el titular, el radiólogo y el radiofísico o los miembros de las UTPR.

Se sugirió la posibilidad de definir y unificar, en documentos normalizados, los distintos modelos de pruebas de aceptación basándose en la tipología de los equipos. De este modo se establecería un mínimo de especificaciones técnicas que la EVAT debería determinar para los distintos equipamientos, lo que podría servir de garantía para el cliente y se simplificarían los trabajos de las EVAT al estar definidas las pruebas a realizar.

Se sugirió asimismo la necesidad de volver a crear las comisiones técnicas para regular la compra, centralizada a por comunidades, de equipamiento radiológico.

El doctor Ginés Madrid observa una pérdida creciente y preocupante de las habilidades clínicas, en favor de la imagen médica, que nos conduce a un nuevo paradigma en el ejercicio de la medicina y considera que hay una pérdida ostensible de la sensibilidad hacia los asuntos de la protección radiológica, sobre todo entre los profesionales médicos más jóvenes.

Desde el punto de vista de la EVAT se indicó que, a veces, tienen problemas para encontrar un responsable cualificado en el centro donde entregan el equipo. También introdujo la idea de que en las pruebas de aceptación no deberían de repetirse aquellas medidas que ya están realizadas en fábrica con marcado CE como el tamaño de focos, el factor de conversión de un intensificador de imagen o la DQE.

A continuación se inició un debate donde se comentó que en el proceso de "compra-aceptación-control" del equipamiento radiológico, la legislación recoge la función del radiofísico solo en su primera fase (elaboración de las especificaciones técnicas) y en la última (controles de calidad periódicos) pero no en la aceptación (representante del comprador técnicamente cualificado), por lo que parece que se ha perdido una oportunidad para incluir al radiofísico en este aspecto. También se comentó que no se estaba de acuerdo con que había una pérdida de sensibilización hacia la PR por parte de los médicos radiólogos sino, al contrario, que gracias a la formación para todos los médicos residentes desde el año 2007, encomendada por el Ministerio de Sanidad a los SRPR, está adaptada a las necesidades de los profesionales de una forma práctica y está muy bien aceptada por todos los médicos, de acuerdo con las opiniones recogidas post-curso. Además en el caso de los radiólogos, reciben una formación suplementaria de 40/50 horas adaptada desde el año 2009 a aspectos más prácticos (según ORDEN SCO/634/2008, de 15 de febrero, por la que se aprueba y publica el programa formativo de la especialidad de Radiodiagnóstico) ya que, efectivamente, no se puede abordar la sensibilización de los médicos con un programa de "física nuclear".

Segunda Mesa "La declaración, registro y operación de las instalaciones de rayos X de diagnóstico médico"

Fueron sus ponentes D. Patxi Martínez de Lagos, en representación de la Delegación de Industria, Innovación, Comercio y

Turismo de Álava; Ángel Pérez López, en representación de la EVAT Siemens, Carmen Álvarez, jefe de Área de Instalaciones Radiactivas Médicas del CSN; Óscar Gracia, jefe de la UTPR Protección Radiológica Médica y Miguel Ángel Peinado del SPR del Hospital Universitario Central de Asturias.

Los cinco ponentes trataron los diferentes apartados de los capítulos III y IV del Real Decreto, correspondientes a la temática de la mesa, y cada uno desde su punto de vista, en función de su representatividad. El talante fue, en la mayoría de los ponentes, crítico, al abordar los aspectos que creaban más dudas o podían ser más conflictivos, y con el fin de aprovechar su tiempo precisamente en poner de manifiesto estas cuestiones, y dar el primer paso para su aclaración o resolución, en su caso. Esto transmitió una sensación de cierto descontento, que en realidad entendemos que habría que interpretar como una actitud crítica y siempre constructiva.

Especialmente valiosa fue la presencia de Patxi Martínez de Lagos, por la representación que ostentaba de "Administración Periférica" y por lo acertado de sus comentarios. Incidió sobre el acortamiento de plazos, el hecho de que el silencio administrativo favorece al administrado, y la importancia de la coordinación entre administraciones y la implantación de la administración también en estos trámites.

Ángel Pérez, de Siemens, repasó las obligaciones de los fabricantes en relación al papel que les corresponde en la declaración y registro, mientras que Carmen Álvarez hizo lo propio con la parte de la operación, con especial incidencia en el novedoso Programa de Protección Radiológica que deben implantar los titulares de las instalaciones.

Tanto Óscar Gracia como Miguel Ángel Peinado, como representantes de UTPR y SPR respectivamente, hicieron hincapié en los aspectos que a su criterio presentaban más dudas o podían ser motivo de conflicto en su aplicación, generando un interesante debate.

En esta ocasión, lamentablemente, no hubo mucho tiempo disponible para un debate, aunque surgieron varios temas. Uno de ellos, fue respecto al Programa de Protección Radiológica y las responsabilidades de su aplicación: se comentó que si bien el SRPR hospitalario o la UTPR es quien lo redacta, es el gerente, como titular, el responsable de su definición e implantación. Pero el responsable de su supervisión no es el SRPR (aunque sea el que realmente lo controla) sino el director de la instalación radiológica (cuando éste, ni tiene conocimiento de dicho programa, al día de hoy). Parece que el papel del SRPR o la UTPR, en cuanto responsabilidades, se limita a ser fiscalizador ("informar al titular sobre las circunstancias adversas, proponerle soluciones correctoras y si no las implanta, informar al CSN"). Aunque ello sea lógico y legalmente deba ser así, debemos estar preparados ya que se pueden plantear problemas internos y quedan en el aire los pasos que debe dar el CSN para informar a los titulares y directores de las instalaciones sobre este programa, su alcance y sus responsabilidades.

Tercera Mesa "El papel de los SPR y UTPR en el reglamento actual"

Participaron cuatro ponentes: María Dolores Rueda, responsable de las autorizaciones de los SPR y del control de las EVAT

del CSN, que sentó las bases legales; Eduardo Fraile, director técnico de la Unidad Central de Radiodiagnóstico de la Comunidad de Madrid y vicepresidente de la SERAM; Joseph Baró, jefe de Protección Radiológica de la UTPR ACPRO y Pablo Gómez, del SRPR del Complejo Hospitalario de Salamanca, asesor para la valoración técnica de los programas de calidad de la Consejería de Castilla y León.

María Dolores Rueda expuso que desde la publicación del RD 1891/1991 ha tenido lugar una intensa producción de normativa relacionada, tanto internacional como nacional. Este hecho sumado a la evolución del sector y a la experiencia alcanzada en la aplicación de sus disposiciones, aconsejó la revisión total del texto del reglamento de 1991, incorporando las actualizaciones reglamentarias de los últimos años. Además, viene a regular, entre otros, las actividades de los servicios y unidades técnicas de protección radiológica en lo referente a sus actuaciones en las instalaciones de radiodiagnóstico médico (realización de servicios y certificación de características previas).

Asimismo hizo una presentación de las novedades que afectan al papel de los SPR y UTPR en las instalaciones de radiodiagnóstico médico, identificando las responsabilidades y obligaciones del titular y de las entidades de servicios. Aportó información de utilidad para la aplicación del RD, incluyendo aclaraciones sobre requisitos de diferentes artículos que han sido objeto de dudas o que desde un punto de vista técnico se ha considerado necesario realizar.

Destacó como novedades más reseñables de este RD respecto a UTPR y SPR los siguientes puntos:

- Los contratos de prestación de servicios que las UTPR formalicen con los titulares de las instalaciones de radiodiagnóstico se establecerán por escrito, especificando las obligaciones tanto del titular como de la UTPR.
- Se establece la necesidad de independencia de la UTPR respecto de las actividades sobre las que prestan servicio y son objeto de certificación.
- La relación de dependencia entre los SPR/UTPR y el personal técnico constará por escrito y las altas o bajas se notificarán al CSN en el plazo máximo de un mes.
- Se establece la obligación por parte de los SPR/UTPR de informar al titular de la instalación de Radiodiagnóstico:
 - De todas las actuaciones tanto técnicas como administrativas que realice en virtud de las obligaciones que le hayan sido encomendadas.
 - De las circunstancias adversas a la seguridad de que tengan conocimiento en el desarrollo de sus funciones proponiendo las medidas correctoras que estimen oportuno.
- Se establece la obligación por parte de los SPR/UTPR de informar al CSN de la no implantación por parte del titular, en su plazo, de las medidas correctoras propuestas al titular.

El segundo ponente, Eduardo Fraile, dio la visión del radiólogo desde tres facetas. Como médico asistencial, subrayó el desconocimiento del reglamento, el impacto sobre su trabajo asistencial y la necesidad de una formación continuada en materia de PR. Como jefe de Servicio, habló sobre la responsabilidad de la instalación radiológica, la necesidad de impulsar el programa de PR, difundir sus contenidos trabajando conjuntamente con el SRPR o UTPR. Como miembro de una sociedad científica (SERAM), el radiólogo debe cooperar en

- los programas de formación en PR, en su divulgación y en la colaboración con otras sociedades científicas (como es el caso de la SEPR) especialmente en la elaboración de programas y actividades de formación. Como reflexiones finales comentó:
 - El nuevo reglamento ayuda al radiólogo en el ámbito de la Radioprotección.
 - Es necesario la implicación de todos los actores en el proceso radiológico.
 - Mejorar en la formación continuada en PR en sus aspectos legales.
 - Aumentar la colaboración entre las sociedades científicas.
- El tercer ponente, Josep Baró, desarrolló todas las funciones que el nuevo Reglamento implica a las UTPR, ya que los centros que no dispongan de SPR propio, el titular podrá contratar a una UTPR para que les proporcione el asesoramiento en materia de PR y encomendarle la ejecución de las obligaciones previstas en el Artículo 18. Los temas en que están implicados son los siguientes:
 - Declaración y registro de los equipos de instalaciones de radiodiagnóstico (Cap. III). Certificación, en base al anexo III, expedida por un SPR/UTPR, indicando la adecuación de los blindajes y de la distribución de las salas.
 - Vigilancia de los niveles de radiación en los puestos de trabajo y áreas colindantes (Art.18 d). Como mínimo anualmente y siempre que se detecte alguna irregularidad que afecte a la protección radiológica. El SPR/UTPR emitirá un certificado.
 - Certificado de conformidad de la instalación (Art.18 e).
 - Elaboración del informe periódico, según modelo en la web del CSN (Art.18 g). En instalaciones de tipo 1 y 2, envíos por medios telemáticos disponible en la Oficina Virtual del CSN, con relación detallada de las instalaciones (código/nombre) de las que se remiten informes y que permita la realización de búsquedas por el nombre del titular y de las direcciones. En instalaciones de tipo 3 el informe periódico ha de estar a disposición del CSN al menos durante 10 años.
 - Programa de Protección Radiológica (Art.19). Elaboración e implantación. En centros que cuenten con un SPR o que hayan contratado una UTPR, este programa presenta una notable intersección con el Manual de Protección Radiológica. Por otro lado puesto que también presenta una notable intersección con el Programa de Garantía de Calidad, se puedan elaborar de modo conjunto en un único documento.
 - Encomienda de funciones en materia de protección radiológica (Art.20)
- Es importante destacar en su intervención que los contratos de prestación de servicios de las UTPR han de formalizarse por escrito, expresando la aceptación de que se ha de informar al CSN de las circunstancias adversas a la seguridad de que se tenga conocimiento en el desarrollo de sus funciones.
- El cuarto ponente, Pablo Luis Gómez Llorente, habló del papel de los SPR en los hospitales públicos, indicando que realizan las funciones encomendadas en materia de Protección Radiológica de las instalaciones de rayos X de los centros que le conciernen además de llevar el resto de cometidos que requieren las instalaciones de Medicina Nuclear y Radioterapia. Ante las Inspecciones que realiza periódicamente el CSN tanto en las Instalaciones Médicas como en el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica (SPR) se establece y corrigen los

procesos técnicos, administrativos y de gestión encomendados por la legislación vigente.

Tres son los aspectos sobre los que cabe comentar la influencia que sobre el trabajo que desarrollan los SPR tiene el reglamento publicado:

– Modificaciones de los trámites en el registro de instalaciones. Sobre este punto si bien la nueva documentación simplifica los trámites de relación con las empresas de venta responsables del certificado de conformidad (EVAT) se incluye la necesidad de expresar una serie de datos sobre los que en un hospital hay tantas más dificultades cuanto mayor sean sus dimensiones y lo expresado en un momento deja de tener validez 24 horas más tarde, como es el caso de los nombres de los directores acreditados de las diferentes instalaciones, la variación de los trabajadores de categoría A y B, el número de dosímetros (y tipo) y la clasificación de las instalaciones y consecuencias administrativas.

También afirmó que el nuevo Reglamento requiere clasificar las instalaciones de acuerdo al riesgo sin que la intención vaya a coincidir con el resultado. Desde el punto de vista de protección radiológica es difícil justificar que una instalación de mamografía tiene más riesgo que una sala con un equipo telemandado o que una sala de radiología simple. Clasificar las instalaciones supone un riesgo de obsolescencia de la norma, que visto lo que nos cuesta sacar una ley, no deberíamos correr. En este sentido, por ejemplo, un Tomógrafo dental tiene mala cabida en cualquier tipo que no sea 1 y la realidad frente al riesgo se asemeja a un equipo panorámico (tipo 2). No obstante las instalaciones de los grandes hospitales son claramente de tipo 1 y en su virtud las consecuencias administrativas no se ven excesivamente modificadas con el presente Reglamento.

– En relación al Programa de Protección Radiológica (PPR) y certificados de conformidad, indicó que conseguir realizar una gestión unificada de las normas, procedimientos, certificados y en general de todos los procesos técnicos y administrativos en materia de Protección Radiológica es en principio un buen objetivo que los SPR tenemos solucionado en virtud del cumplimiento de forma escrupulosa de lo indicado en el Reglamento de Protección Sanitaria Contra Radiaciones Ionizantes. El PPR supone una modificación de la gestión de la Protección Radiológica. Las normas, los protocolos, los registros, el manual de Protección Radiológica son ejemplos de procesos que en un SPR se realizan de forma unificada de acuerdo a las realidades asistenciales y que a partir de ahora llevan una gestión diferente cuando no duplicada. Es difícil entender por qué una instalación de radioterapia requiere un Manual de Protección radiológica y una instalación de mamografía requiere además un Programa de Protección Radiológica. El Programa de Protección radiológica supone un esfuerzo adicional para los SPR en su confección, desarrollo, divulgación y actualización que no conlleva ninguna mejora en la Protección Radiológica globalmente considerada. Si analizamos otros antecedentes como puede ser el Programa de Garantía de Calidad las perspectivas se antojan más desoladoras, por cuanto el PPR a diferencia del PGC no es entregado a ninguna autoridad, ni es visado, validado o aprobado por nadie.

– Finalmente, indicó que en lo que se refiere a un SPR de un hospital público el contenido del reglamento supone un incremento en la gestión de la PR duplicando innecesariamente

algunos procesos. No creemos que se incremente en absoluto la escasa implicación que los titulares o los directores de las instalaciones tienen como no lo hizo el PGC y que no va a corregir las anomalías en el mal funcionamiento que algunos servicios territoriales de Industria tienen como tampoco ocurriera con los de Sanidad a raíz del RD 1976/1999.

Posteriormente se abrió un debate donde se formularon una serie de problemas, dudas, opiniones diversas y sugerencias (como la de elaborar un grupo entre la SEPR y SEFM para elaborar un PPR tipo) que la Mesa no pudo contestar por falta de tiempo, si bien la conclusión final expresada por el moderador, Leopoldo Arranz, fue que el nuevo reglamento constituye una herramienta que aglutina y clarifica las funciones de los SPR y UTPR y supone un avance en las normas administrativas para la inscripción de las instalaciones por su simplificación. No obstante declaró que el CSN deberá realizar una serie de acciones para dar conocer el nuevo reglamento a todos los implicados para conseguir una eficaz aplicación.

En la mesa de clausura participaron el director gerente del Hospital U. de La Princesa, doctor Miguel Ángel Andrés Molinero, el presidente de la SEPR, D. Pío Carmena y la presidenta del CSN, Doña Carmen Martínez-Ten.

La presidenta del CSN señaló tres aspectos especialmente importantes del nuevo reglamento. 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, la presidenta recordó las mejoras que el nuevo reglamento incorpora 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, resaltó la incorporación de 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. Además, la presidenta del Consejo recordó en su intervención que los desarrollos más recientes han aportado enormes beneficios a la sociedad, pero también han contribuido a la mayor exposición a radiaciones de la población mundial, una circunstancia que “nos exige a todos los involucrados en la vigilancia y la protección radiológica, un estado de permanente atención y supervisión”.

Pío Carmena agradeció al director del Hospital de La Princesa su hospitalidad y la cesión para realizar este evento en el fabuloso salón de actos del hospital, alabó la gran labor del comité de organización y agradeció sinceramente el trabajo de Marisa España López como nexo de unión entre el hospital, la junta de la SEPR y los miembros de la organización de la Jornada.

Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz, Francisco Carrera Magariño y Pedro Ruiz Manzano.

Jornada sobre Avances en la Investigación de los Efectos de las Radiaciones No Ionizantes

El día 25 de mayo se celebró en el salón de actos de la sede del Instituto de Ingeniería de España, en Madrid, una

jornada sobre Avances en la Investigación de los Efectos de las Radiaciones No Ionizantes (RNI). La jornada fue organizada por la SEPR, en colaboración con el Instituto de la Ingeniería de España y la Universidad de Comillas ICAHCADE. Estuvo coordinada por Alejandro Úbeda y Yolanda Moratilla, miembros de las respectivas entidades organizadoras. La jornada obtuvo un evidente éxito de convocatoria, cubriéndose por completo el aforo de la sala. La audiencia, muy participativa durante todo el evento, estuvo integrada mayoritariamente por ingenieros, físicos, médicos e investigadores, con experiencia reconocida en física médica, protección radiológica y metrología de radiaciones.

La jornada se abrió con unas palabras de bienvenida de María Luisa España, vicepresidenta de la SEPR y responsable de actividades científicas de la sociedad, y de los dos coordinadores de la jornada.

La primera presentación, titulada "Efectos de las RNI ambientales: El estado de la cuestión" estuvo a cargo de A. Úbeda, investigador del Hospital Ramón y Cajal (Madrid) (El perfil profesional de los ponentes, junto con copias pdf de sus presentaciones están a disposición de los socios de la SEPR en la página web de la SEPR). El conferenciante notificó que el pasado día 18 de mayo se habían publicado los resultados del estudio internacional Interphone, esperados desde hace cinco años. El interés de esos resultados impuso la necesidad de rediseñar la presentación, para centrarla en los efectos de la exposición a RNI de telefonía móvil. Así, se presentaron datos experimentales recientes que han puesto claramente de manifiesto una respuesta neuroestimuladora significativa, rápida y reversible, ante la exposición a señales subtérmicas de telefonía en voluntarios humanos. Esta respuesta podría estar relacionada con cambios locales en la presión sanguínea del cerebro y a efectos cognitivos, también detectados en varios estudios con voluntarios. En cuanto a los datos epidemiológicos, varios trabajos independientes han publicado análisis integrados de los resultados individuales de estudios previos. Estos metaanálisis revelan, en general, un patrón significativo de asociación entre uso del teléfono móvil e incidencia de glioma, neurinoma de nervio acústico y tumores de glándula parótida, en casos de uso prolongado (10 años o más) del teléfono móvil. Sin embargo, las dificultades en la metrología, unidas a sesgos y errores en la recolección de datos, reconocidos por los autores, han impedido a algunos estudios, como Interphone, obtener conclusiones definitivas al respecto. En opinión

- del ponente, la actual situación de incertidumbre debería ser resuelta mediante la ejecución de estudios mejor diseñados, que en buena medida habrán de centrarse en la identificación de los mecanismos celulares y moleculares implicados en las respuestas inmediatas observadas en voluntarios, y en los posibles efectos oncológicos de las exposiciones crónicas. Entre tanto, Úbeda defendió la conveniencia de que España adopte estrategias como las propuestas por el Parlamento Europeo y desarrolladas por la mayoría de los países de la zona, para minimizar de forma razonable y eficaz las exposiciones, sobre todo en niños y adolescentes.

- La presentación titulada "La Exploración con Escáneres Corporales" fue impartida por Fernando Aller, especialista en radiografía industrial del Centro de Excelencia de Sistemas de Seguridad INDRA (León). En su introducción, el ponente ofreció un enfoque comparativo de ventajas y posibles inconvenientes de los distintos sistemas de exploración corporal para la detección de armamento o sustancias peligrosas que pudieran portarse ocultas bajo la vestimenta. En síntesis, los diseños más recientes se basan en tres tipos de tecnología: 1) Tecnología pasiva por ondas milimétricas, 2) Tecnología activa por ondas milimétricas y 3) Tecnología backscatter. La primera de estas tecnologías no conlleva exposición de los sujetos explorados, ya que se basa en la detección de las ondas milimétricas (radiación no ionizante, próxima al espectro infrarrojo) emitidas por el individuo. Este método "pasivo" presenta la ventaja de permitir la exploración a distancia de uno o varios sujetos en movimiento, sin necesidad de ser expuestos a ningún tipo de radiación. El inconveniente es que las imágenes son poco nítidas (una ventaja a la hora de preservar la intimidad del explorado) y que sólo permiten detectar objetos de determinados materiales y con una superficie relativamente grande. El método de exploración activa por ondas milimétricas sí requiere la exposición del individuo, estático, a radiación no ionizante, cuya reflexión es detectada y procesada por el equipo para reconstruir una imagen tridimensional con un buen nivel de nitidez. Esta mejor nitidez puede representar una incomodidad para personas pudorosas, que en algún caso han renunciado a viajar para evitar someterse a una exploración obligatoria. Este tipo de problema puede ser obviado en buena medida haciendo que el personal de seguridad que analiza las imágenes esté localizado en un recinto apartado, sin posibilidad de contacto visual directo con la persona explorada. Además, el programa permite difuminar en la imagen resultante el rostro y/o las áreas pudendas, si tal cosa se considerase apropiada. Aunque la respuesta biológica a las ondas milimétricas no ha sido investigada en profundidad, la baja potencia y penetrabilidad de las ondas empleadas hace presumir que la exposición a ese tipo de señales durante la exploración es inocua. Sin embargo, la publicación reciente de un modelo teórico de potencial genotoxicidad inducida por señales milimétricas, invita a ampliar el conocimiento en la materia. Por último, la tecnología conocida como backscatter se basa en la exposición a radiación ionizante (rayos X) de muy baja potencia y penetrabilidad, y en la generación de imágenes de alta definición a partir de la señal reflejada por los cuerpos explorados. Esta tecnología aventaja a las anteriores en la capacidad de detectar prácticamente cualquier tipo de objeto



Los presidentes de la Jornada, M.L. España (junto al póster) y J.P. Carmena, acompañados de los coordinadores, Y. Moratilla y A. Úbeda.



Las ponencias fueron seguidas de un coloquio, moderado por J.P. Carmena (junto al póster), que contó con la participación de Y. Moratilla, coordinadora de la jornada, y los tres ponentes: A. Úbeda, F. Aller y J.R. Villagrasa (de derecha a izquierda en la foto).

y material que porte el individuo explorado. Las estrategias para preservar la intimidad del sujeto coincidirían con las descritas para la exploración con onda milimétrica. En lo concerniente a potenciales efectos nocivos, la dosis eficaz en una exploración es $< 0,1 \mu\text{Sv}$, lo que, "equivale a la dosis recibida en 2 minutos de un vuelo transoceánico". Aún así, queda pendiente la elaboración definitiva de estrategias para controlar la exposición crónica del personal de aeropuertos o para la exploración de personas en situaciones especiales, como mujeres embarazadas o potenciales gestantes. Aunque los escáneres corporales han sido ya implantados en los aeropuertos de varios países y su uso se extiende progresivamente, su posible adopción en Europa como sistema de seguridad aeroportuaria está actualmente en estudio.

La tercera presentación: "La Epidemiología como Herramienta en Protección Radiológica" estuvo a cargo de José Ramón Villagrasa, médico epidemiólogo en el Hospital de la Princesa (Madrid). La conferencia ofreció nociones básicas sobre los fundamentos y las fases de que consta el método epidemiológico, sus posibilidades y limitaciones. Para ello, el ponente partió de la noción de epidemiología como "disciplina científica que estudia la frecuencia y la distribución de fenómenos relacionados con la salud y sus determinantes en poblaciones específicas, y la aplicación de este estudio al control de problemas de salud". Entendiendo como salud "un estado de bienestar físico, mental y social con capacidad de funcionamiento, y no sólo la ausencia de enfermedad o achaque." Desde esas nociones, la ponencia se desarrolló hacia la descripción de los determinantes de la salud (genéticos, comportamentales, ecológicos, etc.) y de los factores de riesgo. Y se puso de relieve la aplicabilidad de la epidemiología, tanto en planificación sanitaria como en el manejo clínico de los pacientes, al aportar conocimientos útiles para el control de problemas de salud en los individuos y en las poblaciones. Se describieron los pasos en el método epidemiológico, partiendo del registro y de comparación de resultados para llegar a la formulación y comprobación de hipótesis. Se definieron y desarrollaron los conceptos epidemiológicos de causalidad, fracción, prevalencia e incidencia, y se describieron las características y aplicaciones de los distintos tipos de diseños epidemiológicos, incluyendo ensayos controlados, estudios de cohorte, de caso-control, de corte transversal, de mortalidad/morbilidad proporcional o ecológicos. La presentación terminó con la descripción de los criterios aplicados en la Medicina basada en la evidencia, que dan lugar a recomendaciones para emprender acciones en respuesta a riesgos potenciales, estando

- supeditada la fuerza de dichas recomendaciones al nivel o fuerza de la evidencia disponible sobre dicho riesgo.
- Concluidas las presentaciones se abrió un coloquio, moderado por Pío Carmena, presidente de la SEPR, en el que los ponentes y coordinadores de la Jornada respondieron a las preguntas, comentarios y sugerencias planteados desde la audiencia. A continuación, Carmena procedió a clausurar la jornada, agradeciendo a los presentes su participación activa y desinteresada, y ofreciendo a la audiencia la posibilidad de beneficiarse de los conocimientos en materia de protección ante RNI que la SEPR pone al servicio de sus miembros, de la comunidad científica y de la sociedad en general.

Alejandro Úbeda Maeso,
Investigador, Hospital Ramón y Cajal

Foro de PR en las UTPR

El día 16 de abril se celebró en la sede del CSN, la segunda reunión del Foro de PR en las UTPR. El Acta de la reunión está disponible en la web de la SEPR. Los principales aspectos tratados en la reunión son:

- – Actividades del grupo de trabajo para la "elaboración de un modelo para documentar la relación contractual entre las UTPR y las instalaciones de radiodiagnóstico": después de haber sido sometido el borrador a comentarios y de proceder a la adaptación del borrador a lo finalmente dispuesto en el Real Decreto 1085/2009, se procede a su aprobación. Se trata de una Guía, aplicable a las instalaciones de radiodiagnóstico carentes de un SPR propio. Con ella se facilita la preceptiva formalización de un contrato por escrito entre el titular de la instalación de radiodiagnóstico y una UTPR. En el documento se indican los distintos servicios que pueden ser encomendados. En su última página hay una tabla en la que se especifican las diversas obligaciones del titular y para cada una de ellas, según se acuerde, se indica si se encomienda o no a una UTPR.
- – Actividades del grupo de trabajo para la "definición de medios humanos y técnicos para las UTPR y armonización de criterios técnicos a seguir": se encuentra en fase de recopilación de documentación relativa a la cuantificación de medios referidos al ámbito sanitario.
- – Propuesta de establecimiento de nuevos grupos de trabajo, donde después de valorar y priorizar diversas actuaciones posibles, se acordó el abordar la preparación de los documentos siguientes: a) Modelo de Programa de Protección Radiológica (no genérico) para clínicas dentales con sistema de imagen intraoral y b) Modelo para la elaboración del certificado de conformidad.
- – Finalmente indicar que por parte del CSN se procedió a informar sobre: a) elaboración de un nuevo modelo de condicionado para la autorización de las UTPR, b) posibilidad de que las UTPR que estén interesadas puedan solicitar una ampliación en el alcance de su autorización a fin de también incorporar la "certificación de la verificación radiológica de equipos, para la obtención de la aprobación de tipo como aparatos radiactivos" y c) existencia de una UTPR que ha procedido a solicitar la acreditación vía ENAC (ISO 17020) para los servicios propios de UTPR.

Comité de Redacción

La Protección Radiológica en 2009

El pasado 8 de abril, la Sociedad Española de Protección Radiológica, con la colaboración del Consejo de Seguridad Nuclear, el Ciemat, Unesa, Enresa y el Grupo Enusa, celebró la Jornada Anual de Protección Radiológica para repasar los resultados, retos y logros más destacados del año 2009 en los diferentes sectores relacionados con esta disciplina. La jornada pretende también facilitar el conocimiento mutuo de las actividades de cada sector que conforman esta sociedad, identificar áreas y soluciones de interés común y compartir lecciones aprendidas para aumentar la eficacia de la protección radiológica.

La jornada fue inaugurada por la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, Carmen Martínez Ten, el presidente del Ciemat, Cayetano López y el presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Pío Carmena. En la conferencia inaugural, impartida por el director general de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear, Juan Carlos Lentijo, se presentaron los resultados radiológicos del año 2009 y las actividades del organismo regulador realizadas en dicho año y previstas para 2010.

El resto de las presentaciones se dividió en diferentes áreas de aplicación de la protección radiológica de la siguiente manera:

- Área de Energía: presentada por el director técnico de Foro de la Industria Nuclear Española, Antonio González.
- Área Médica: presentada por el jefe del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Universitario Madrid Sanchinarro, Pedro Fernández Letón.



De izquierda a derecha: Cayetano López, Carmen Martínez Ten y Pío Carmena.

- La futura Directiva Europea de Protección Radiológica: presentada por David Cancio (Ciemat), perteneciente al Grupo de Trabajo de Representantes Internacionales de la SEPR y Eliséo Vañó (Universidad Complutense de Madrid), presidente del Comité 3 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, en sus siglas inglesas).

Como colofón a la jornada y aprovechando la celebración del 30 Aniversario de la Sociedad Española de Protección Radiológica se dictó una Conferencia Conmemorativa a cargo del profesor y catedrático emérito de la Universidad Politécnica de Madrid, Agustín Alonso, bajo el título de "Las primeras aplicaciones de las radiaciones ionizantes en España".

Tras la conferencia y siguiendo con la celebración del 30 aniversario de la SEPR, todos los asistentes pudieron disfrutar de un cóctel.

A continuación se recoge una síntesis tanto de las presentaciones realizadas como de la Conferencia Conmemorativa.

RESULTADOS 2009

RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS REGULADORES EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y EMERGENCIAS EN 2009. PROYECTOS PARA 2010

JUAN CARLOS LENTIJO

DIRECTOR GENERAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL CSN

En esta presentación se resumen los resultados más relevantes que han tenido lugar en 2009 en el ámbito de la protección radiológica y las emergencias, mencionando también los proyectos más importantes que se prevén para 2010. Entre ellos se cuentan los siguientes,

que se desarrollan después en los apartados correspondientes:

- Nuevo reglamento de radiodiagnóstico médico.
- Gestión de residuos radiactivos. Consolidación legal.
- Estudio epidemiológico.
- Consolidación foros coordinación protección radiológica.
- Caracterización tridimensional.

- Revisión Plaben.
- Autorizaciones de C.N. Santa M^a de Garoña y desmantelamiento de C.N. José Cabrera. Esta última supone importantes retos en PR y consolidará la experiencia adquirida en el desmantelamiento de C.N. Vandellós I.
- Protección radiológica al paciente: actividades del grupo de trabajo, constituido al objeto de definir el alcance y concretar las actividades en relación con esta nueva función del CSN. Se han mantenido contactos con el Ministerio de Sanidad y Política Social para avanzar en futuros acuerdos marco de colaboración.
- Conferencia Internacional sobre Materiales Metálicos.
- Conferencia Internacional sobre Radioterapia (París). Es de destacar por la importancia de los temas tratados y la relevante participación española.

ACTUALIZACIÓN LEGISLATIVA Y REGLAMENTARIA

Un hito importante en 2009 fue la publicación del nuevo Reglamento, sobre la instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico (R.D. 1085/2009), dado que promueve la protección radiológica en el ámbito de las actividades con mayor número de trabajadores expuestos y tiene un amplio alcance pues afecta a las propias instalaciones, a las entidades de servicio y al CSN. Todo ello requerirá un esfuerzo en su implantación, siendo necesaria la colaboración de todos los sectores involucrados. La reciente jornada monográfica que organizó la SEPR constituye un ejemplo para fomentar la discusión entre los profesionales que tienen que aplicar esta norma, y para poner en común los elementos clave a considerar. Por su parte, el CSN ha publicado en su web (www.csn.es) información de utilidad para la aplicación del nuevo reglamento y está siendo considerado en los trabajos de los foros de PR en el medio sanitario y en el ámbito de las Unidades Técnicas de Protección Radiológica (UTPR).

También se han producido otras modificaciones legislativas y reglamentarias:

- En materia de residuos, a través de la disposición final novena de la Ley 11/2009 que afecta a la Ley de Energía Nuclear: se introduce un artículo 38 bis respecto a la gestión de residuos radiactivos la cual se considera un servicio público que se encomienda a Enresa; se determina el establecimiento de la política de residuos mediante el Plan General de Residuos; se asignan las facultades de expropiación y se establece la titularidad del Estado tras el almacenamiento definitivo de los mismos y su responsabilidad en la vigilancia que pudiera requerirse tras la clausura de una instalación nuclear. También afecta a la disposición adicional sexta de la Ley del Sector Eléctrico respecto a la financiación y gestión del Plan General de



Juan Carlos Lentijo.

Residuos Radiactivos. Estas modificaciones suponen la consolidación formal del modelo aplicable a los residuos radiactivos.

- En materia de emergencias, se ha modificado el Plan Básico Emergencia Nuclear (Plaben). Mediante R.D. 1428/2009 en aspectos de organización, lo que normaliza la situación tras la resolución del Tribunal Supremo como consecuencia del recurso contencioso administrativo interpuesto por la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares, AMAC.

INSTALACIONES Y FUENTES RADIATIVAS. NORMATIVA

En 2009 continuaron los trabajos relativos a la instrucción sobre "Especificaciones de autorizaciones de instalaciones radiactivas" cuyo borrador 2 se encuentra en fase de comentarios externos. Esta instrucción constituye la etapa final de simplificación de los procesos correspondientes a las autorizaciones de instalaciones radiactivas (IIRR) y con ella se harán públicas las condiciones impuestas por el CSN para la autorización de dichas instalaciones, en coherencia con la línea de transparencia que el organismo mantiene en sus actuaciones.

INSTALACIONES RADIATIVAS Y DE RX AUTORIZADAS

A finales de 2009 el número total de IIRR era de 1387 (sin incluir las radiactivas del ciclo), de las cuales, una era de 1^a Categoría, 1061 de 2^a Categoría y 325 de 3^a Categoría, lo que confirma una importante estabilidad en el sistema, que ya ha venido constatándose en los últimos años. Asimismo estaban registradas 30.475 instalaciones de radiodiagnóstico médico (R.D. 1085/2009), lo que supone un ligero crecimiento respecto a 2009 si bien es de destacar que estos crecimientos anuales se vienen produciendo

de modo continuo, y han dado lugar a un incremento de 12.193 instalaciones registradas respecto a las que había en el año 2000.

ACTUACIONES REGULADORAS EN INSTALACIONES RADIATIVAS

Durante el año 2009, se realizaron un total de 362 actuaciones de licenciamiento en las instalaciones (industria, medicina, investigación, docencia y comercialización), de las que 55 fueron nuevas autorizaciones de funcionamiento, 46 clausuras y 261 modificaciones. Se realizaron 1737 inspecciones, distribuidas en 1274 de control y 142 de puesta en marcha o clausura de IIRR, y 321 de control de rayos X médicos. Como resultado de la supervisión del funcionamiento de las instalaciones, se realizaron 82 apercibimientos y seis propuestas de sanción, y se emitieron cuatro circulares, relativas a los requisitos de uso de los equipos homologados para inspección de bultos por rayos X, al mantenimiento de los equipos de medida de densidad y humedad de suelos, a la tramitación y requisitos operativos aplicables a la importación y exportación de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y a buenas prácticas en el sector de la gammagrafía industrial.

ACTUACIONES REGULADORAS EN ENTIDADES DE SERVICIO

A finales de 2009 se encontraban autorizados 72 Servicios de Protección Radiológica (SPR), autorizándose uno nuevo y clausurándose otro a lo largo del año, mientras que estaban en evaluación las solicitudes de otros 20. Se constata cada vez más el incremento progresivo en el número de estos servicios como consecuencia de la aplicación en el campo médico de la Instrucción de Seguridad del CSN IS-08 y al compromiso de este sector con la protección radiológica. Se realizaron 22 inspecciones a SPR.

Por lo que respecta a las UTPR, continúa la situación de estabilidad con 48 UTPR autorizadas. A lo largo del año se efectuaron cinco procesos de autorización y 23 inspecciones.

Asimismo, continúan autorizados 22 Servicios de Dosimetría Personal Externa (SDPE) y 9 Interna (SDPI), sobre los que, en 2009, se realizaron 6 inspecciones.

DOSIMETRÍA

A finales de 2009, el número de trabajadores clasificados como expuestos era de 106 114, de los cuales 9360 en centrales nucleares, 1204 en instalaciones del ciclo de combustible, residuos y el Ciemat, 81 856 en IIRR médicas, 7799 en industriales, 5491 en instalaciones de investigación,

292 en instalaciones en desmantelamiento y clausura y 112 en transporte. El número total de trabajadores controlados aumentó respecto a 2008 en casi todos los sectores, si bien el mayor incremento se produjo en las centrales nucleares, lo que está directamente ligado con el número de recargas y trabajos realizados en las mismas.

La dosis media anual de los trabajadores expuestos estuvo muy por debajo de los límites reglamentarios, siendo de 1,92 mSv en centrales nucleares, 0,51 mSv en instalaciones del ciclo de combustible, residuos y el Ciemat, 0,65 mSv en IIRR médicas, 1,15 mSv en industriales, 0,37 mSv en instalaciones de investigación, 1,77 en instalaciones en desmantelamiento y clausura y 2,61 en transporte. Como es habitual, el CSN emitirá el informe de análisis sectorial de dosis correspondiente a 2009 donde se analizarán en detalle los resultados dosimétricos en los distintos sectores, así como su evolución.

En 2009 se ha iniciado la segunda campaña de intercomparación de servicios de dosimetría personal interna y ha finalizado un proyecto de I+D sobre dosimetría en extremidades cuyos resultados serán presentados a lo largo de 2010.

LICENCIAS Y FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El CSN considera este ámbito de actividades un pilar esencial de la protección radiológica en nuestro país, valorando de forma especial la red de conocimiento que configuran los profesionales que operan en los diferentes sectores implicados.

En 2009 se renovaron 380 licencias de operadores y 107 de supervisores de IIRR y se concedieron 1070 y 356 nuevas licencias respectivamente. En total, a finales de año, existían 7275 licencias de operadores y 2833 de supervisores de estas instalaciones. Además existen 57 678 operadores acreditados y 41 005 para dirigir las instalaciones de rayos X de uso médico. Se homologaron 4 cursos para licencias de personal de IIRR y 12 para rayos X médicos.

En 2009 continuó la actualización de los materiales didácticos para cursos de licencias de instalaciones radiactivas y acreditaciones para radiodiagnóstico médico, disponibles en la web del CSN (www.csn.es).

A finales de 2009 existían 35 diplomas vigentes de jefe de Servicio de Protección Radiológica de instalaciones nucleares y del ciclo y 151 de IIRR, que están incrementándose, en paralelo, con la autorización de nuevos servicios, principalmente en el sector sanitario. A lo largo del año se concedieron dos nuevos diplomas para instalaciones nucleares y del ciclo y nueve para IIRR.

FOROS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Las principales actividades que está desarrollando el Foro de PR en medio hospitalario, a través de sus grupos técnicos, contemplan criterios de alta y medidas de PR del público en tratamientos con radiofármacos; definición de medios humanos y técnicos para los SPR y asignación administrativas de dosis. Este foro, en su reunión a principios de 2009, asumió la propuesta sobre aplicación de la dosimetría de área.

El Foro en el sector industrial, centró las actividades de sus grupos de trabajo en la radiografía industrial, en proyectos relacionados con los procedimientos de trabajo y la planificación en radiografía móvil, en el diario de operación en soporte electrónico y en la formación del personal de operación. En relación con este último tema, finalizaron los trabajos y se ha publicado en la web del CSN y en la de la SEPR el material didáctico desarrollado.

En el ámbito del Foro de PR en el sector de las UTPR, se han priorizado las actividades correspondientes a la definición de medios humanos y técnicos para las UTPR y los modelos de contrato entre estas entidades y sus clientes, para lo que se han formado los correspondientes grupos técnicos de trabajo.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE. NORMATIVA

En materia de residuos radiactivos y desmantelamiento hay que destacar, como ya se ha indicado, las modificaciones de la Ley de Energía Nuclear y de la Ley del Sector Eléctrico en relación con la gestión de residuos radiactivos.

En 2009 continuó desarrollándose el programa para completar la normativa de los residuos radiactivos y el desmantelamiento, manteniendo la participación activa en el grupo de trabajo de la Asociación Wenra, para armonización de normativa de seguridad en este ámbito.

En lo relativo al desarrollo de la normativa sobre control de exposiciones debidas a radiación natural, en 2009 el CSN ha continuado con su plan de actuación en la materia: propuesta de revisión del Título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, en fase final de tramitación por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; se ha trabajado en la elaboración de una instrucción y una guía del CSN para complementar los requisitos del RPSRI; se ha aprobado una guía sobre competencia de laboratorios y servicios medida de radón en aire y se están preparando guías específicas para diversos tipos de industrias.

IMPACTO RADIOLÓGICO DE INSTALACIONES Y RESIDUOS

Los programas de control de efluentes en 2009 mostraron una situación de normalidad, sin que se identificara ninguna incidencia de interés.

En 2009 continuó la implantación en las centrales nucleares españolas de la recomendación de la UE 2004/2/ EURATOM "Normalización de información relativa a descargas de CCNN", efectuándose la remisión de datos en período de pruebas.

Se ha participado en la primera reunión del proyecto PRISM del OIEA para desarrollo metodológico de evaluación de seguridad a largo plazo en almacenamientos de residuos radiactivos de media y baja actividad

VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (PVRA)

Como en años anteriores, los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) en 2009 en el entorno de las instalaciones y en el ámbito nacional dieron resultados de normalidad, confirmando la calidad radiológica del medio ambiente en España.

En relación con la vigilancia radiológica de materiales metálicos, se destaca la *Conferencia Internacional sobre Control y Gestión de los Materiales Radiactivos Accidentalmente Presentes en las Chatarras* que tuvo lugar en Tarragona, donde se expresó la necesidad de llevar a cabo acciones internacionales en este sentido, tales como el establecimiento de una convención y donde se puso de manifiesto la importancia del protocolo español como referente internacional.

En el marco del Foro Iberoamericano se ha constituido un grupo de trabajo en la materia.

En relación con los programas especiales de vigilancia, se deben mencionar la finalización por el Ciemat del mapa tridimensional detallado de la zona de Palomares y las previsiones del plan de rehabilitación de la zona. En 2009 tuvo lugar una misión internacional del OIEA en relación con el proceso de caracterización efectuado por el Ciemat, el cual fue valorado favorablemente.

También en 2009 finalizó la segunda fase del programa de vigilancia especial en el entorno de C.N. Ascó, como consecuencia del incidente de emisión de partículas, con resultados de total normalidad por lo que puede darse por finalizado el citado programa de vigilancia especial.

Otros programas que requirieron atención el pasado año fueron los relativos a las balsas de fosfoyesos y el Centro de Recuperación de Inertes (CRI), en Huelva. En relación con los mismos, que se caracterizan por el gran impacto social en la zona, ha habido diversas actuaciones reguladoras, tanto por parte del CSN, en cuanto a medidas de refuerzo para el confinamiento del CRI, como por la Dirección General de Costas respecto a un proyecto para la regeneración de las balsas. En septiembre del pasado año, la Comisión Europea, en el marco del artículo 35 de Euratom, realizó una misión de verificación de la situación y actividades de vigilancia que se

llevan a cabo en ambas zonas, con resultado favorable, conforme se recoge en el informe emitido.

ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO

En 2009 ha concluido el estudio epidemiológico, conforme a lo establecido en el convenio de colaboración firmado en abril de 2006 entre el CSN y el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), si bien en febrero de 2009 se firmó una modificación del convenio de colaboración entre el CSN y el ISCIII ampliando el plazo para la finalización de los trabajos y presentación del informe final hasta octubre de 2010.

El estudio se ha realizado en un contexto de transparencia, por lo que en su momento se constituyó un comité consultivo independiente, en el que junto con las instituciones han participado expertos independientes, entidades ecologistas y partes interesadas. Dicho comité ha efectuado el seguimiento del estudio y ha analizado los resultados del mismo.

A esta fecha, el informe final está en trámite para su remisión formal al Congreso de los Diputados a través del Ministerio de Sanidad y Política Social.

Además del informe detallado, se ha elaborado un informe resumen y un resumen ejecutivo y se encuentran en preparación diversas actuaciones conducentes a la difusión y divulgación del estudio y sus resultados.

PLANES DE EMERGENCIA

En lo relativo al desarrollo normativo, como ya se ha indicado, se modificó el Plaben a fin de introducir cambios organizativos.

El Proyecto de Directriz Básica de Riesgos Radiológicos, fue informado por la Comisión Nacional Protección Civil (diciembre 2009) y CSN (2010). Se espera su aprobación en los próximos meses.

En cuanto a la implantación de los planes de emergencia nuclear y radiológica, se aprobaron las adaptaciones al nuevo Plaben de los planes directores de emergencia exterior de las centrales nucleares, y, por lo que se refiere a la formación de actuantes de emergencias nucleares, en 2009 el CSN continuó una intensa actividad en colaboración con la Escuela Nacional de Protección Civil (ENPC) de la DGP-CE, la Escuela Militar de Defensa NBQ, los cuerpos especiales de la Policía y la Guardia Civil y la Unidad Militar de Emergencias (UME). Se llevó a cabo la edición de 2009 del curso de emergencia nucleares en ENPC y un curso piloto de emergencias radiológicas cuyas próximas ediciones se adaptarán a grupos específicos (CCAA, UME...)

En 2009, continuó la actividad en el contexto internacional en el ámbito de la gestión de emergencias, destacando el acuerdo bilateral suscrito con la *Autorité de Sûreté Nucléaire* francesa y el desarrollo de otro similar con la



Autoridad de Medio Ambiente APMA, de Portugal.

Igualmente, continuó implantándose el Plan de Mejora de las Capacidades de Emergencia. Se ha instalado el nuevo sistema J-RODOS con el apoyo del Ciemat y la UPM, estando previsto completar los datos de los emplazamientos de las centrales nucleares. Por otra parte se ha hecho operativa red de comunicaciones N2 con las centrales nucleares redundante de la red N1 del CSN y se está ampliando el número parámetros de seguridad y radiológicos que se reciben *on line* de dichas instalaciones.

Por lo que respecta a ejercicios y simulacros, en 2009, se realizó el seguimiento en la Salem (Sala de Emergencias) de todos los simulacros de los planes de emergencia interiores de las instalaciones nucleares, y se participó en ejercicios internacionales: 3 Ecurie de la Unión Europea y 3 Covex del OIEA. En 2010 está prevista la participación en el ejercicio INEX-4 así como en el Ejercicio Press-2010, que coordinará la Dirección General de Protección Civil y Emergencias en el aeropuerto Barajas. Está pendiente de reactivar la realización de simulacros de los planes exteriores de emergencia.

Se atendieron desde la Salem las diversas situaciones de emergencias reales: dos prealertas, sin consecuencias radiológicas en la central nuclear de Cofrentes, por apertura de una válvula de alivio y seguridad del circuito primario, y una alerta Emercom/Ecurie por un vertido de 3TBq de Xe-133 en una instalación de producción de radiofármacos en Bélgica. Por último se efectuó el seguimiento de varios episodios con material contaminado procedente de China e India.

SEGURIDAD FÍSICA

Sobre desarrollo normativo, continuó el proyecto de revisión del Real Decreto 158/1995 para adaptarlo a la nueva versión de la Convención de Seguridad Física de

Instalaciones y Materiales Nucleares. El nuevo Real Decreto sobre "Seguridad Física de las instalaciones y materiales nucleares y radiactivos" se encuentra en su fase final de elaboración. Asimismo, durante 2009 continuaron las actividades para elaborar normativa específica de protección física para fuentes radiactivas y transportes.

Ha finalizado la campaña relativa al Plan Nacional de Recuperación de Fuentes Huérfanas (MITC-CSN-Enresa) que se ha desarrollado entre 2007 y 2009 con resultados satisfactorios.

En el contexto de las relaciones institucionales destacaron las actuaciones para desarrollo del convenio suscrito entre el CSN y el Ministerio del Interior, habiéndose establecido grupos de trabajo sobre diversos temas. Por otra parte, ha continuado la colaboración en el control radiológico de fronteras. Han concluido los trabajos del grupo *ad hoc* liderado por la Secretaría de Estado de Seguridad para desarrollar la colaboración de todas las instituciones y organismos implicados en la iniciativa Megaport, con la elaboración de un "protocolo de actuación en caso de detección de movimiento inadvertido o tráfico ilícito de materiales radiactivos en puertos de interés general". Dicho protocolo se encuentra en fase final de comentarios para su firma.

En el ámbito internacional, continuaron las relaciones multilaterales con el OIEA y con el grupo europeo Ensa, y se participó en una misión internacional sobre seguridad física de instalaciones y materiales nucleares y radiactivos, en Puerto Rico.

TEMAS DE INTERÉS Y ACTUALIDAD EN CURSO

En 2009 continuó el proyecto de revisión de las BSS, del OIEA, con el análisis de los sucesivos borradores por el grupo de trabajo, liderado por el CSN, en el que participan representantes de los diversos organismos y entidades afectados, y transmisión de comentarios a través de los representantes nacionales en los comités de Normas del OIEA. El borrador 3 se encuentra en la actualidad en fase de comentarios por los estados miembros, con plazo de remisión de los mismos hasta el 31 de mayo. En paralelo con este proceso, la UE está llevando a cabo la revisión de las normas básicas de PR incluidas en diversas directivas comunitarias, que pretende refundir en un documento único de amplio alcance. Existen diversas actuaciones en curso y dado que es proyecto complejo su finalización no se prevé a corto plazo, si bien la UE pretende agilizarlo al máximo.

El CSN viene participando en diversos grupos de trabajo establecidos en el marco de la Asociación Europea de Autoridades de Control Radiológico (HERCA). Recientemente se ha creado un nuevo grupo sobre escáneres de rayos X para la inspección de pasajeros en los aeropuertos, en el que también hay participación de técnicos del CSN. En relación con este tema, a principios del presente año el CSN, a la vista de la información existente, elaboró y publicó en su página web un informe considerando los aspectos reguladores conducentes a garantizar la protección radiológica de los trabajadores y el público, en caso de que se plantease la utilización de dichos equipos. ■

ASPECTOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

ÁREA DE ENERGÍA: NUEVOS PROYECTOS NUCLEARES

ANTONIO GONZÁLEZ

DIRECTOR DE ESTUDIOS Y APOYO TÉCNICO DE FORO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR ESPAÑOLA

INTRODUCCIÓN

El siglo XXI promete los más competitivos y globalizados mercados de la Historia, el más rápido ritmo de crecimiento económico, nunca visto anteriormente, y el mayor crecimiento histórico del uso de la energía, especialmente en los países en desarrollo. Para que una determinada tecnología pueda alcanzar una contribución sustancial al suministro de energía, es esencial la innovación. Éste será el mecanismo fundamental para una industria nuclear con significativa presencia en el *mix* energético futuro. Cooperación internacional para unir iniciativas científicas y tecnológicas, integrar criterios y normas de seguridad y actividades de seguridad



Antonio González.

y control son parte de los logros a alcanzar a través de la innovación.

Un análisis de las tendencias mundiales de desarrollo asumidas por expertos y organizaciones internacionales de distintos países muestra que la demanda de energía primaria puede incrementarse en un 50% y la de energía eléctrica doblarse hacia mediados de este siglo, fundamentalmente debido al desarrollo económico y al crecimiento de la población en todo el mundo.

Al mismo tiempo, el consumo de combustibles fósiles, incluyendo carbón, será limitado en base a los acuerdos establecidos en el Protocolo de Kioto, para evitar daños climáticos irreparables.

El crecimiento de la generación de energía, usando fuentes tradicionales, viene acompañado de la disminución gradual de reservas en combustibles fósiles con el consiguiente aumento de precios. A lo anterior hay que añadir el riesgo de conflictos internacionales sobre el petróleo y el gas, por la presión geopolítica y geoestratégica que los poseedores de las reservas hacen de las mismas.

Todo lo anterior apunta hacia una futura combinación de combustibles en la que el nuclear tendrá necesariamente una presencia sustantiva.

Actualmente, las mejoras crecientes en el funcionamiento y producción de los programas nucleares actuales han supuesto el equivalente a 33 nuevas plantas nucleares. Consecuentemente, la energía nuclear mantiene un 17% de cobertura en la producción mundial de energía eléctrica. No se puede olvidar que, además, más de 50 nuevos reactores se encuentran en construcción y otros 200 están planificados para la próxima década.

La innovación es la fuerza motora para un continuo desarrollo de las tecnologías nucleares que conducirán a nuevos reactores con capacidades aún superiores a las actuales. Estos avances comprenden no sólo plantas de generación eléctrica, sino también plantas para producción de calor a altas temperaturas, cogeneración, producción de hidrógeno y desalación del agua de mar.

Sólo la energía nuclear ofrece hoy y en el futuro una respuesta que cubre nuestras necesidades sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones.

TRATAMIENTO INTERNACIONAL DE LOS REQUISITOS DE LAS CENTRALES NUCLEARES ACTUALES Y DE PRÓXIMA CONSTRUCCIÓN

En la industria nuclear, conocimiento científico y tecnología avanzan continuamente. Los requisitos y normas sobre seguridad evolucionan en base a los nuevos conocimientos

y a la experiencia adquirida. Dentro del alto ritmo de investigación, desarrollo e innovación que siempre ha caracterizado al mundo nuclear frente a otras industrias, se han preparado documentos de requisitos en varios países.

En ellos se establecen las condiciones que deben cumplir los reactores de próxima construcción, tanto desde el punto de vista de la seguridad como del diseño, impacto ambiental, economía, etc.

Entre sus objetivos se encuentra el de reducir incertidumbres en la planificación, diseño y operación de las futuras centrales nucleares. Entre otros, pueden destacarse:

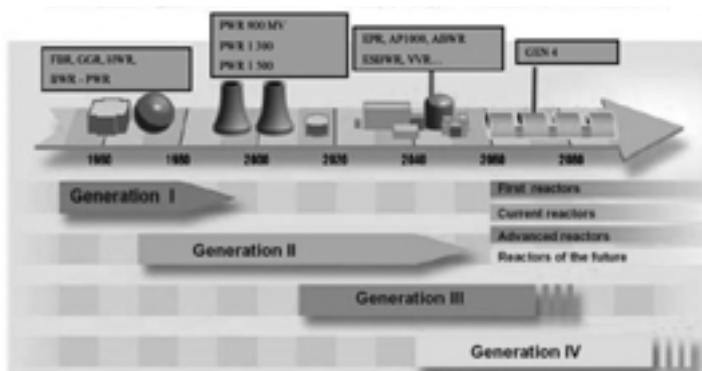
- 60 años de funcionamiento.
- Operación segura y flexible con un alto grado de disponibilidad global.
- Aumento de la automatización y la mejora de los factores humanos proporcionando al operador mayor tiempo para la toma de decisiones y reduciendo la probabilidad de errores.
- Reducción de la frecuencia de daños al núcleo a menos de 1 en 100 000 veces por reactor y año y la frecuencia acumulada de emisiones después de daño en el núcleo a menos de 1 en un millón de veces por reactor y año.
- Incorporación de diseños para hacer frente a accidentes severos.
- Limitación de las acciones de protección necesarias en el entorno, en el caso hipotético de una emergencia mediante medidas adicionales incorporadas en el diseño de las plantas.

Los reactores en funcionamiento han incorporado, o están en curso de hacerlo, estos requisitos, como lo demuestra el elevado número de reactores que ya han obtenido autorizaciones de explotación para 60 años después de programas de revisión, actualización y sustitución de equipos y sistemas.

INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MUNDIAL SOBRE REACTORES DEL FUTURO

Los requisitos que se establecen en las distintas organizaciones internacionales que trabajan en el diseño de los futuros reactores cubren, entre otros, los siguientes temas:

- Optimizar la seguridad.
- Mantener y maximizar la competitividad con otras fuentes de energía.
- Evitar la proliferación de materiales radiactivos mediante el desarrollo y mejora de las medidas de no proliferación existentes actualmente.
- Reducir los tiempos de construcción a valores inferiores a tres años.
- Simplificar las instalaciones.



- Desarrollar el estudio y aplicación de factores humanos.
- Tener en cuenta, desde el principio, en las etapas de diseño, el desmantelamiento final de la planta y el manejo del combustible gastado.
- Reducción del volumen de residuos producidos.
- No serán necesarios planes de emergencia en el entorno de las plantas por eliminación de las posibilidades de emisiones.

Para alcanzar estos objetivos, la comunidad nuclear internacional trabaja intensamente, y de manera coordinada, a través de multitud de proyectos. A continuación, se destacan algunos de los más significativos.

PROYECTO INPRO DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA)

Auspiciado por los más de 100 estados miembros del organismo, INPRO (*International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles*) fue iniciado a finales del año 2000 y tiene como objetivo principal la utilización segura, sostenible, económica y no proliferante de la tecnología nuclear para satisfacer las necesidades energéticas globales a lo largo del siglo XXI.

Los países miembros involucrados en el mismo son Argentina, Brasil, Bulgaria, Canadá, Corea, China, Alemania, India, Indonesia, la Federación Rusa, España, Pakistán, Sudáfrica, Suiza, Holanda, Turquía y la Comisión Europea. Los objetivos del proyecto son:

- Asegurar que la energía nuclear esté disponible para contribuir a satisfacer, de manera sostenible, las necesidades energéticas en el siglo XXI.
- Aunar los intereses de los países miembros, tanto los poseedores de la tecnología como los que la utilizan, considerando conjuntamente las acciones nacionales e internacionales necesarias para conseguir las innovaciones deseadas en los reactores nucleares y en los ciclos de combustible con tecnologías válidas y económicamente

competitivas, basadas en sistemas intrínsecamente seguros y que minimicen el riesgo de la proliferación de materiales nucleares y el impacto sobre el medio ambiente.

- Crear un proceso para involucrar a todas las partes interesadas importantes que tuvieran una influencia sobre las actividades de las instituciones existentes y las iniciativas en marcha, a nivel nacional e internacional.

Las actividades del proyecto se centran en seis áreas distintas de trabajo:

- Economía, recursos y demanda energética.
- Medio ambiente, combustible irradiado y residuos.
- Seguridad.
- No proliferación.
- Instituciones, infraestructuras, aspectos sociales y sostenibilidad.
- Metodología y criterios.

La consecuencia última del proyecto será, partiendo de los datos obtenidos en una primera fase, examinar las tecnologías de reactores disponibles y la viabilidad de un proyecto internacional en el que se incluyan las tecnologías que pueden ser apropiadas para realizar dicho proyecto.

GENERACIÓN IV DE CENTRALES NUCLEARES

El Foro Internacional de la Generación IV (GIF) es un grupo internacional de organismos gubernamentales, cuyo objetivo es facilitar la cooperación bilateral y multilateral para el desarrollo de nuevos reactores nucleares de futuro, conocidos como la Generación IV.

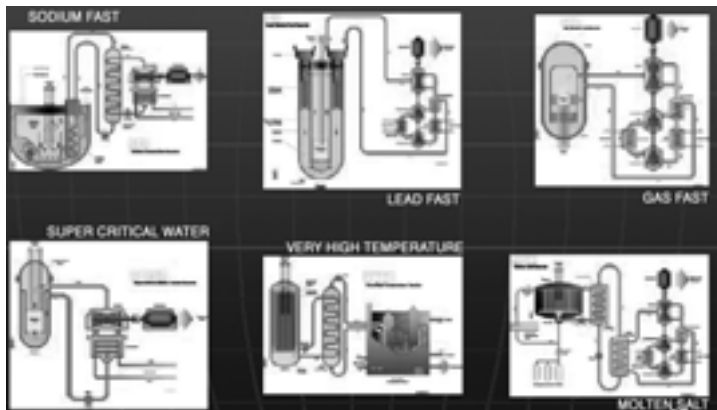
Creado a principios del año 2000, en su reunión de septiembre de 2002, en Tokio, se anunció un acuerdo entre los 10 países miembros (Argentina, Brasil, Canadá, Francia, Japón, Sudáfrica, Corea del Sur, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos), por el cual se han escogido seis tecnologías de nuevos reactores y sus ciclos de combustible, que representan el futuro de la energía nuclear, para que sean desarrollados conjuntamente antes del año 2030.

Estas seis tecnologías incluyen los reactores rápidos refrigerados por gas, los reactores rápidos refrigerados por plomo, los reactores de sales fundidas, los reactores rápidos refrigerados por sodio, los reactores supercríticos refrigerados por agua y los reactores de muy alta temperatura.

La Generación IV representa importantes avances en aspectos económicos, de seguridad, de fiabilidad y de minimización en la generación de residuos radiactivos.

ALGUNOS OBJETIVOS DE FUTURO

No se trata en este artículo de ofrecer detalles técnicos de estas nuevas tecnologías, pero sí se considera procedente



presentar algunas de las mejoras que estos nuevos diseños incorporan y que son de particular interés para el público y la sociedad en general.

Los métodos de reprocesamiento del combustible para la extracción de los isótopos de plutonio están completamente desarrollados a nivel comercial. Este plutonio se utiliza para la fabricación de combustible junto con combustible convencional de uranio, obteniéndose los denominados óxidos mixtos (combustibles MOX).

De esta forma, se utiliza un combustible que ha sido generado en el propio reactor, produciéndose un importante ahorro de combustible convencional. Es por ello que se han estado investigando reactores que puedan producir mayores cantidades de plutonio durante su funcionamiento. Este tipo de reactores se denominan reactores reproductores, que permiten la generación del combustible nuclear durante la operación, incrementando la duración de las reservas del combustible de uranio actuales.

Los reactores de muy alta temperatura, en desarrollo en varios países, están orientados a formar parte de un complejo industrial en el que el calor generado se utiliza para otros fines industriales. La producción de hidrógeno, uno de los vectores energéticos del futuro, es una de estas aplicaciones para la que este tipo de reactores es particularmente adecuado.

Entre estos reactores, hay que mencionar el PBMR (*Pebble Bed Modular Reactor*) o Reactor Modular de Lecho de Bolas. Está refrigerado por helio, es de pequeño tamaño (165 MWe) y su característica principal es que las bolas en que se aloja el combustible mantienen su integridad bajo las condiciones más severas posibles. Esto elimina, en principio, la necesidad de edificios de contención como barrera última para evitar emisiones.

Otros modelos incorporan dentro de la vasija todos los elementos del ciclo primario, con lo que eliminan riesgos

de pérdida de refrigerantes. Hay otros modelos de menor tamaño, de carácter modular, con largos periodos de funcionamiento sin necesidad de parada, o bien otros diseños que se pueden construir y operar en bases flotantes, etc.

CONCLUSIONES

La actividad de la industria nuclear, reflejada en el número de proyectos de todo tipo en curso, prácticamente asegura la disponibilidad de nuevos modelos de reactores, en relativamente cortos periodos de tiempo. Las centrales avanzadas ya disponibles y las que están en operación en la actualidad, cubrirán adecuadamente el espacio de tiempo necesario para disponer de los reactores de muy última generación.

El esfuerzo innovador de la industria nuclear a través de la colaboración de multitud de países y organizaciones internacionales es una realidad que conducirá a la disponibilidad de nuevos modelos acordes con las exigencias de competitividad, medio ambiente y sostenibilidad declaradas condicionantes para las energías a utilizar en el futuro. Para ello, esta industria dispone de un proceso bien establecido desde hace muchos años, que evoluciona sobre las bases conjuntas de la experiencia y la investigación asegurando así la consecución de sus objetivos, en cada momento, ahora y en el futuro. ■

ÁREA MÉDICA: ESTADO ACTUAL DE LA RADIOTERAPIA EXTERNA. PRESENTE Y FUTURO

PEDRO FERNÁNDEZ LETÓN

JEFE DEL SERVICIO DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.
HOSPITAL UNIVERSITARIO MADRID SANCHINARRO

INTRODUCCIÓN

El objetivo de los tratamientos oncológicos realizados a los pacientes tratados con radiaciones ionizantes es administrar dosis altas de radiación al tumor para conseguir destruirlo, minimizando las dosis a los tejidos sanos adyacentes, con poca toxicidad y una buena tolerancia al tratamiento.

La última década ha supuesto un cambio radical en la forma de trabajar con una mejora en la calidad de los tratamientos muy importante. Sin duda alguna la aparición de los tratamientos de intensidad modulada y la imagen guiada ha supuesto una revolución en la forma de administrar la radiación y de verificar la correcta posición del paciente.

Este cambio se ha debido al empleo de un nuevo equipamiento en todas y cada una de las fases del proceso radioterápico.



Pedro Fernández Letón.

Trataremos a continuación de determinar cuáles son las mejoras tecnológicas obtenidas durante los últimos años en cada una de las fases del proceso radioterápico.

El flujo de trabajo en un tratamiento de radioterapia es el siguiente:

- a) Inmovilización y simulación del paciente.
- b) Contorneo del tumor y de órganos de riesgo, dosimetría clínica del paciente, evaluación del plan. Todo esto se realiza en el sistema de planificación (TPS).
- c) Inicio del tratamiento del paciente en el acelerador comprobando mediante sistema de imagen que la posición del paciente es la misma que el TC de simulación.
- d) Irradiación de paciente.

INMOVILIZACIÓN Y SIMULACIÓN DEL PACIENTE

La inmovilización de los pacientes es una herramienta básica para administrar tratamientos de radioterapia. La mejora que en estos últimos años se ha incorporado a la radioterapia ha sido emplear sistemas de inmovilización solidarios a los tableros de las mesas de los aceleradores y a los tomógrafos computarizados (TC). De esta forma logramos disminuir los movimientos de los pacientes durante las distintas sesiones a las cuales son sometidos los pacientes.

En esta última década se ha pasado de simular a los pacientes con equipos de rayos X (simuladores convencionales) que reproducían las condiciones geométricas de la irradiación y localizaban el tumor y los órganos de riesgo mediante radiografías, a emplear TC que permiten definir de forma mucho más precisa el tumor y los órganos de riesgo. Como consecuencia, hemos pasado de trabajar en 2D a 3D y, por tanto, se ha disminuido el tejido sano irradiado

y, en consecuencia, los efectos secundarios derivados del tratamiento. Por otra parte, en muchas localizaciones se han aumentado las dosis administradas a los tumores para mejorar los resultados de supervivencia de los pacientes.

En la actualidad los TC de simulación están ubicados en los propios servicios de radioterapia y disponen de tableros de mesa iguales que los que emplean los aceleradores. Las últimas generaciones de los mismos son desarrollados específicamente para radioterapia ya que se han construido con diámetros de abertura mayores que los de diagnóstico, por encima de 80 cm. La utilidad de este sistema es que el paciente se pueda posicionar con los brazos hacia atrás sin colisionar con la estructura del TC.

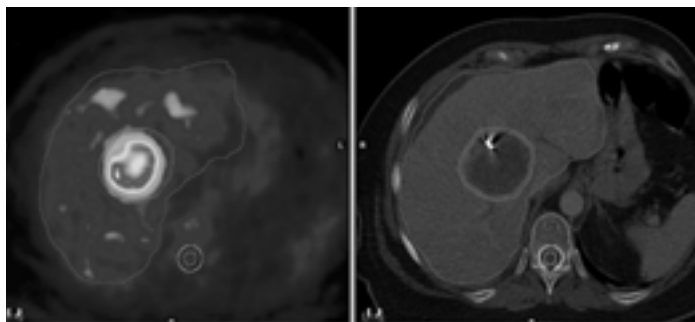
Para localizar el tumor a veces no es suficiente con las imágenes del TC y es necesario emplear otros sistemas de imágenes que permitan delimitar con mayor precisión el tumor, entre ellas se encuentran la resonancia magnética (RM) y el PET-TC. En ambos casos es necesario tener software para hacer registro de ambas imágenes. La resonancia se emplea básicamente en tumores craneales mientras que el PET se emplea sobretodo en patologías como hígado, pulmón, área de cabeza y cuello.

El uso del PET-TAC contribuye a que la delimitación del tumor sea menos dependiente del observador. El PET-TAC tiene una alta especificidad y sensibilidad pero una resolución limitada. El PET produce una variación en el GTV (aumento o disminución), que puede producir cambios en los tamaños de campo de irradiación.

SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS (TPS)

Es el lugar donde se localizan el tumor y los órganos de riesgo. La delimitación de estos es una tarea laboriosa y que ocupa bastante tiempo en el proceso radioterápico. Los TPS están incorporando sistemas de segmentación que permiten de forma automática obtener en breve espacio de tiempo la delimitación de los órganos de riesgo. Las localizaciones donde se han implantado son: cerebro, cabeza y cuello, pulmones y pelvis. Con estos sistemas se reducen de forma importante los tiempos empleados en estas tareas.

Para realizar la dosimetría clínica el TPS emplea unos algoritmos de cálculo. Los más empleados en la actualidad son: *pencil beam* y *collapsed cone*. Este último debe de ser empleado en zonas donde los tejidos sean heterogéneos ya que el primero de ellos en zonas como el pulmón produce resultados de sobredosificaciones de hasta un 5 % respecto de la realidad. Algunas casas suministradoras de TPS están introduciendo algoritmos de cálculo del tipo Montecarlo con tiempos de cálculos reducidos y adecuados para la dosimetría clínica.



PERT-TC

IRRADIACIÓN DE PACIENTE

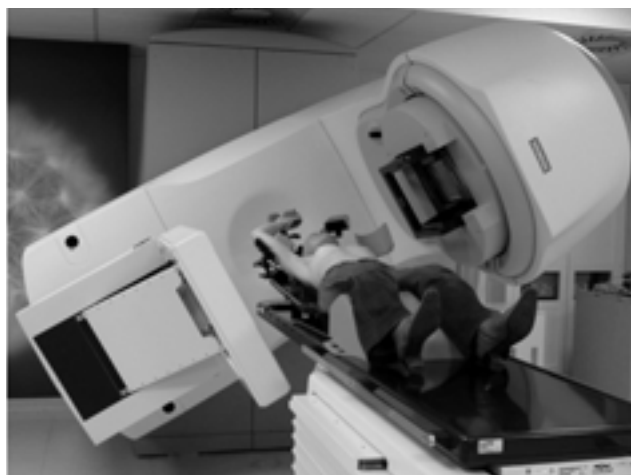
Se realiza en aceleradores monoenergéticos o multienergéticos. Disponen de colimadores multilaminas o micromultilaminas.

Los tipos de técnicas de tratamiento que se realizan son: radioterapia conformada tridimensional (3D), arcoterapia dinámica conformada 3D y tratamientos de intensidad modulada (IMRT).

IMRT

Se emplean haces fijos en las que las multilaminas se mueven segmentando el haz de irradiación. Si el acelerador irradia solamente cuando las laminas están paradas la IMRT es del tipo estática, si irradia siempre, aunque se muevan las multilamina, se denomina dinámica. Los objetivos de la IMRT son:

- Mejora de las distribuciones de dosis, consiguiendo que las curvas de isodosis se adapten a la forma del PTV (volumen blanco de planificación) mejor que las técnicas de 3D y permitiendo que existan altos gradientes de dosis entre el PTV y los órganos de riesgo.



Acelerador Oncor de Siemens con sistema de imagen portal.

- Disminución de las dosis a órganos sanos próximos al tumor.

- Posibilidad de aumento de dosis al tumor.

Para poder hacer tratamientos de IMRT es necesario:

- Contar con TPS con planificación inversa.
- Verificar en cada paciente que los cálculos de distribución de dosis del planificador coinciden con los valores medidos.
- Tener equipos de dosimetría (ionización, fotográfica, estado sólido) y maniqués adecuados y sistemas de comparación entre datos medidos y calculados.
- Disponer de tiempo en el acelerador para la realización de las medidas que corresponden a cada paciente.
- Disponer del personal necesario en los Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica (SRPR) para realizar esta técnica.

Las ventajas de la IMRT sobre la 3D son muy importantes en localizaciones como la irradiación de cabeza y cuello, donde se consigue disminuir de forma significativa los efectos secundarios al tratamiento consiguiéndose que los pacientes no tengan que interrumpir el tratamiento y conservando la saliva y el gusto mucho mejor que con la 3D, ya que las dosis en las parótidas disminuyen de forma significativa. En otras patologías como la próstata también consigue disminuir las dosis en recto y vejiga.

Los inconvenientes son:

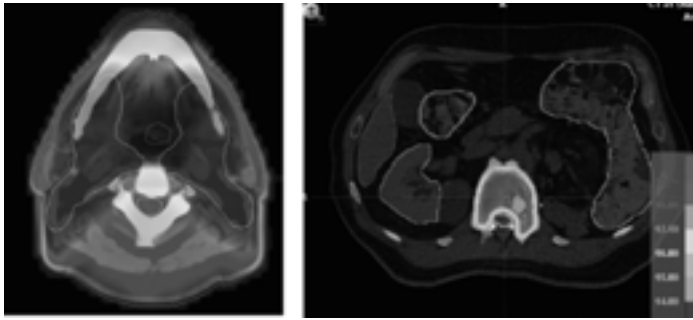
- Aumento del número de UM, en consecuencia aumento de la radiación de fuga. Posibilidad de aparición de segundos tumores a largo plazo.
- Aumento del tiempo de tratamiento en el acelerador.

Una nueva forma de IMRT es la denominada volumétrica que consiste en que el acelerador irradia mientras se mueve de forma continua en arcos y mientras lo hace se mueven también las multilaminas. Con este nuevo sistema se consigue mejorar las distribuciones de dosis y, al mismo tiempo, una disminución del tiempo de irradiación del paciente en el acelerador.

Existe un equipo exclusivo para hacer IMRT que es la tomoterapia helicoidal. Este equipo posee un colimador binario y consigue mover al paciente al mismo tiempo que irradia. Una de las ventajas de este equipo es la irradiación de grandes longitudes de PTV, como es el caso de la irradiación cráneo-espinal del sistema nervioso central.

RADIOTERAPIA GUIADA POR LA IMAGEN (IGRT)

Es la utilización de la imagen para verificar la correcta administración del tratamiento y por tanto el aumento de la precisión en los tratamientos aplicados.



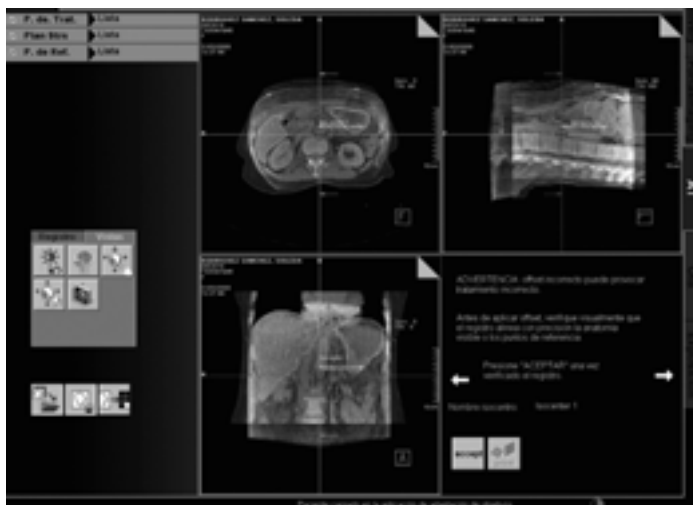
Tratamiento de IMRT.

Uno de los problemas de la radioterapia es la repetibilidad de los tratamientos, para ello es necesario que el paciente se repositone en la misma posición en que se hizo el TC de simulación durante todas las sesiones (20, 25 hasta 35 o 40 veces).

Para ello es necesario obtener imágenes mediante un sistema de imagen situado en el propio acelerador y mediante un software poder comparar las imágenes obtenidas del paciente en el TC de simulación con las conseguidas en el propio acelerador.

Existen varios sistemas de IGRT, dividiremos entre ionizantes y no ionizantes.

– Entre los primeros destacaremos los Sistemas MV (megavoltaje) que utilizan el propio haz de irradiación para obtener la imagen. Disponen de un panel de silicio amorfo colocado perpendicular al haz de radiación. Se pueden obtener imágenes planares que permiten verificar el campo y las posiciones del MLC. Para determinar de forma precisa si la posición del paciente es la misma que la TC de simulación es necesario obtener dos imágenes ortogonales y un software capaz de realizar registro de imágenes. Una vez



Conebeam de megavoltaje.

que la coincidencia entre ambas imágenes es la correcta se determina de forma numérica la diferencia entre ambas. Si esta fuese mayor de la tolerancia establecida se corregirá la posición del paciente.

– Otra opción es el MV-CBCT (megavoltaje *cone beam* CT) que consiste en hacer mover el sistema de imagen mientras irradia y mediante software hacer una reconstrucción volumétrica. De esta manera se comparan imágenes axiales, coronales y sagitales del TC de simulación con la imagen volumétrica reconstruida por el sistema de imagen. Poseen herramientas de autocomparación pero siempre esa comparación debe ser supervisada por el oncólogo de radioterapia. El resultado final nos indicará las diferencias en los planos X,Y,Z. En el caso que supere la tolerancia establecida para cada patología el paciente debe de ser removido.

Hay otros aceleradores que utilizan sistemas de kV, para ello disponen de un equipo de RX perpendicular al haz de irradiación y un panel de silicio amorfo situado perpendicularmente al eje del haz de RX. Estos pueden producir imágenes planares y volumétricas. Disponen también de herramientas de comparación entre imágenes.

Las ventajas de kV frente al MV son: a) una visualización mejor de los tejidos blandos. b) la dosis administrada varía entre 1 a 35 mGy frente a los 4 a 10 cGy del MVcone-beam.

Las desventajas son: tener un sistema de KV "acoplado" y tener dos isocentros (acelerador y RX) que deben de ser alineados.

Cada centro debe de determinar el número de comparaciones que hay que realiza a cada paciente a lo largo de su tratamiento.

Para ello es necesario tener un protocolo de actuación para cada tipo de tratamiento. A modo de ejemplo, en nuestro centro empleamos el siguiente protocolo para los pacientes a los que se les administra tratamiento de IMRT:

- ConeBeam diario las cinco primeras sesiones de tratamiento.
- Corrección de los desplazamientos según el registro de imágenes (tolerancia 3 mm).
- Estimación del error sistemático como el promedio de las correcciones de los cinco primeros días.
- Realización de CB de seguimiento con periodicidad semanal.

Los resultados encontrados en nuestro centro aplicando este protocolo nos dan que los errores sistemáticos en las direcciones lateral, longitudinal y vertical para los pacientes de cabeza y cuello son de: $\pm 0,18$, $\pm 0,12$ y $\pm 0,16$ cm. Para la localización de abdomen es de $\pm 0,36$, $\pm 0,24$ y $\pm 0,53$.

Estos buenos resultados son debidos a contar con sistemas de inmovilización adecuados a cada localización y que al mismo tiempo tengan un sistema de indexación al tablero del acelerador para impedir grados de libertad en el posicionamiento del paciente.

En la tomoterapia el sistema de imagen es mediante megavoltaje y para ello emplea el haz de tratamiento para obtener las imágenes.

Realiza un registro de imagen TC-TC con similar información, permite antes de realizar el tratamiento el registro de distribución de dosis y de anatomía. Una vez determinado si el posicionamiento es correcto se puede realizar el tratamiento. La dosis administradas en cada TC varía aproximadamente entre 1 a 2 cGy

SISTEMAS ESTEREOSCÓPICOS

Están compuestos por dos tubos de rayos X y dos paneles de silicio amorfo. La dirección del eje de haz de RX pasa a través del isocentro del acelerador. Se realiza registro de imágenes que permite mediante comparación de estructuras óseas y/o marcador interno determinar la posición del paciente.

Además, poseen un sistema de infrarrojos, que permite recolocar automáticamente al paciente, al correlacionar las esferas fiduciales en relación al isocentro. Antes de iniciar el tratamiento del paciente es necesario realizar el procedimiento de obtención de imágenes. Cuando los valores exceden de los determinados como tolerancia el paciente es recolocado mediante el movimiento de una mesa robótica



Acelerador Novalis con sistema de radiografías estereoscópicas.

que es capaz de moverse con seis grados de libertad (tres de desplazamiento longitudinal y tres de rotación). Este sistema siempre utiliza estas imágenes para poder realizar estos tratamientos.

Por otra parte, también permite poder comprobar posicionamiento intrafracción.

SISTEMAS NO IONIZANTES

Infrarrojos

Detectan la posición de la superficie corporal, el principal inconveniente es que no detectan estructuras internas.

Ecografía

Se utiliza en los tratamientos de cáncer de próstata. Antes de cada tratamiento se realiza una ecografía en el propio acelerador y se determina la variación en la posición de esta en relación al día de la simulación.

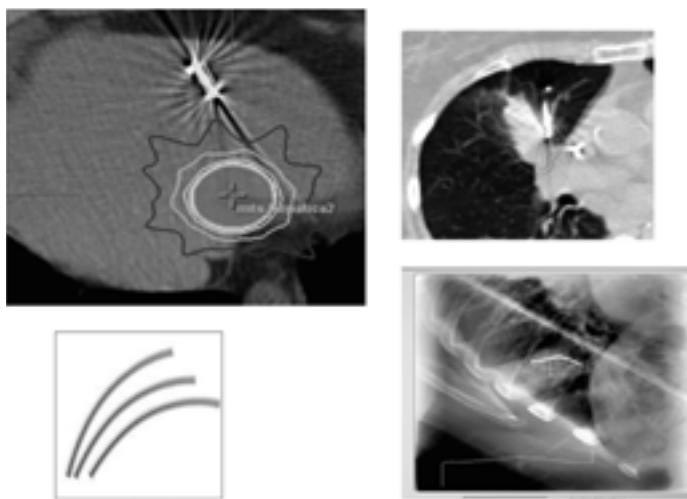
Transmisores de radiofrecuencia

Se utilizan exclusivamente para el cáncer de próstata y consiste en la colocación de tres transmisores en la próstata del paciente antes de realizar la simulación TC del paciente. Una vez realizado la simulación cada día en el acelerador es necesario verificar el posicionamiento de los transmisores en relación al día de simulación antes de iniciar el tratamiento. El sistema nos indicará la variación entre ambos días si supera la tolerancia será necesaria corregir esos valores.

IRRADIACIÓN DE LESIONES EN MOVIMIENTO

Cuando se desea irradiar tumores localizados en los pulmones o en el hígado es necesario tener en cuenta el movimiento del tumor a lo largo del movimiento respiratorio. En función del lugar donde está situado el tumor este movimiento puede llegar a ser de hasta más de 2 cm. En consecuencia hasta ahora era necesario irradiar ese margen de movimiento ya que el paciente se mueve, como es lógico, durante la irradiación. Para conseguir disminuir el volumen de tejido sano se han establecidos distintos métodos de trabajo.

a) Gating: Permite irradiar al paciente solamente en una fase del ciclo respiratorio, para ello el acelerador solamente irradia en la fase del ciclo respiratorio seleccionado. Para poder conseguir esto es necesario que al paciente se le coloque próximo al tumor un marcador radiopaco (hilo de oro), determinar el ciclo respiratorio mediante un sistema de infrarrojos y realizar radiografías estereoscópicas en tres fases del ciclo respiratorio para determinar el movimiento del tumor. Una vez conocido éste se determina



Marcador interno para tratamiento de gating.

la fase del ciclo respiratorio en que se va irradiar. Con este sistema se puede reducir el volumen de irradiación en hasta un 50%.

- b) Tracking: también utiliza marcadores internos pero en vez de que el acelerador irradie en una fase del ciclo respiratorio el acelerador se mueve solidario con el ciclo respiratorio. El acelerador que utiliza este sistema en la actualidad es la *cyberknife* que emplea múltiples campos no isocéntricos ya que no dispone de sistema de multilaminas sino de colimadores circulares.
- c) Sistemas 4D y compresión abdominal: emplean un TC 4D en donde se localiza el tumor en diferentes fases del ciclo respiratorio, y para que el movimiento de éste sea el menor posible, se utiliza un sistema que comprime el abdomen. En la irradiación del paciente es necesario colocar también el sistema de compresión y tener un registro del ciclo respiratorio. Con este sistema, en general, se irradia más tejido sano que con los anteriores.

SISTEMAS DE REGISTRO Y VERIFICACIÓN

Dada la complejidad de los tratamientos actuales es necesario poseer sistemas que permitan comunicar los TPS con los aceleradores y que transmitan la información correspondiente a las características geométricas y dosimétricas de los haces que constituyen cada tratamiento. Pero también es necesario que registren las UM y las dosis administradas a los pacientes a lo largo de los días que constituyen el tratamiento de radioterapia permitiendo registrar las prescripciones de dosis y limitando los posibles excesos. Permiten auditar el tratamiento real administrado y realizar informes del tratamiento impartido.

CONCLUSIONES

Se ha mejorado a nivel tecnológico todas y cada una de las fases del proceso radioterápico.

La implantación de los TC en los propios servicios de Oncología Radioterápica ha supuesto un cambio desde la 2D a 3D.

La distribución conformada de dosis (IMRT) pierde efectividad sin una exacta localización del blanco y un exacto conocimiento de su movimiento.

Se han puesto en marcha las técnicas de IMRT e IGRT. Ambas deben de ir asociadas ya de nada vale una distribución de dosis muy conformada y con altos gradientes de dosis si el lugar donde se administra no es el adecuado.

Para poder realizar todas estas técnicas de tratamiento es necesario realizar planes de formación del personal a todos los niveles y en especial a los técnicos especialistas en radioterapia los cuales deberían de mejorar su formación en imagen médica.■

LA FUTURA DIRECTIVA EUROPEA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (PRIMERA PARTE)

DAVID CANCIO

CIEMAT- MIEMBRO DEL GRUPO DE EXPERTOS ART 31-EURATOM

A continuación se desarrollan los aspectos más importantes de la futura Directiva aprobada a finales de febrero por el Grupo de Expertos asesor de la Comisión Europea en Protección Radiológica (Artículo 31-Tratado Euratom).

La nueva revisión ha refundido las cinco Directivas anteriores que ya existían sobre el tema a saber:

- Normas Básicas (Directiva 96/29)
- Exposiciones médicas (Directiva 97/43)
- Información al público (Directiva 89/618)
- Trabajadores externos (Directiva 90/641)
- Fuentes de radiación (HASS) (Directiva 2003/123)

Por otra parte, se incorpora también a la Directiva, la protección con respecto al radón sobre la cual existía anteriormente una Recomendación (90/143). No se ha incluido la reciente Directiva sobre Seguridad Nuclear.

Se presentan algunos aspectos importantes incluidos como novedades y en una segunda parte, el profesor Eliseo Vañó, detallará los aspectos referidos a las exposiciones médicas y la obtención de imágenes por motivos no médicos. Los aspectos de mayor interés son los siguientes:

- Se dan nuevas recomendaciones relacionadas con la planificación de las emergencias y se traslada el nuevo concepto de ICRP sobre los niveles de referencia y la optimización en esas situaciones.



David Cancio.

- Los límites de dosis ocupacionales y del público se mantienen pero sin necesidad de promediar en cinco años. Deja flexibilidad a los reguladores.
- Se adopta el nuevo marco del sistema de protección basado ahora en situaciones: planificadas, existentes y de emergencias.
- Se adopta el criterio regulador de "aproximación gradual" teniendo en cuenta el riesgo de las situaciones que se quieren controlar.
- Los aspectos específicos de industrias NORM están integrados totalmente en el sistema de protección (en las normas existentes se incluían en un título propio).
- Una revisión importante de la protección en las aplicaciones médicas incluso ampliando lo que se establecía en la actual Directiva sobre el tema.
- Unos aspectos específicos para la obtención de imágenes por motivos no médicos.
- Nuevos requerimientos con respecto al radón en viviendas y lugares de trabajo.
- Nuevos requerimientos para materiales de construcción de viviendas.
- Por primera vez se incorpora un título sobre "Protección del Medio Ambiente" ampliando el sistema que se centraba exclusivamente en las personas.

La Directiva propuesta incluye diez títulos con más de 100 artículos y 16 anexos con información más detallada.

Si bien el Grupo de Expertos ha finalizado su labor, las normas deben considerarse todavía como un borrador ya que debe pasar por otras instancias de la Unión Europea antes de su aprobación final. ■

LA FUTURA DIRECTIVA EUROPEA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (SEGUNDA PARTE: EXPOSICIONES MÉDICAS)

ELISEO VAÑÓ

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
MIEMBRO DEL GRUPO DE EXPERTOS ART 31-EURATOM

En esta segunda parte se desarrollan los aspectos más relevantes de la futura Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad (aprobada en febrero de 2010 por el Grupo de Expertos del Artículo 31 del Tratado Euratom) referentes a las exposiciones médicas y que actualizará, en su día, la actualmente vigente 97/43/EURATOM.

El Título VIII de la nueva Directiva se dedica exclusivamente a exposiciones médicas aunque algunos aspectos relevantes (como los del experto en física médica y los de formación en protección radiológica de los profesionales sanitarios, entre otros) han quedado separados de dicho título.

Las novedades más destacadas se refieren a:

- 1) La exclusión de las exposiciones médico-legales que ya no se consideran exposiciones médicas;
- 2) Un tratamiento más diferenciado de la radiología intervencionista (introduciendo el uso de los niveles de referencia para diagnóstico);
- 3) Se refuerzan los aspectos de formación en PR (se hace obligatoria la enseñanza de PR en las Facultades de Medicina y Odontología);
- 4) Se regulan los procedimientos radiológicos en personas asintomáticas (incluso aunque no tengan la consideración de programas de cribado sanitario);



Eliseo Vañó.

- 5) Se consideran las dosis a los profesionales en los procesos de justificación y de optimización de las exposiciones médicas;
- 6) Los estados miembros de la Unión Europea deben establecer, promover el uso, y realizar revisiones periódicas, de los niveles de referencia de dosis en diagnóstico;
- 7) Se refuerza la presencia del experto en física médica en los procedimientos diagnósticos e intervencionistas;
- 8) Se exige la información dosimétrica en los equipos de diagnóstico y que esa información se transfiera a las historias clínicas de los pacientes;
- 9) Se exige un registro y análisis de las exposiciones accidentales a los pacientes;
- 10) En radioterapia, se exige que los programas de garantía de calidad, tengan una evaluación del riesgo de exposiciones accidentales;
- 11) Se exige a los estados miembros de la Unión Europea que realicen una evaluación de dosis a la población por grupos de edad y sexo.■

CONFERENCIA CONMEMORATIVA DEL 30 ANIVERSARIO DE LA SEPR

LAS PRIMERAS APLICACIONES DE LAS RADIACIONES IONIZANTES EN ESPAÑA

AGUSTÍN ALONSO SANTOS - CATEDRÁTICO EMÉRITO TECNOLOGÍA NUCLEAR, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

PRESENTACIÓN

Agradezco al presidente y miembros de la Junta Directiva de la SEPR su amable invitación para pronunciar la Conferencia Conmemorativa del trigésimo aniversario de la sociedad con el título "Las primeras aplicaciones de las radiaciones ionizantes en España". El título claramente induce a pensar que se trata de una glosa histórica, así es en efecto, pero limitada a aquella parte de la historia que el conferenciante vivió como miembro de la antigua Junta de Energía Nuclear, es decir, desde su creación en 1951 hasta su transformación en 1985.

Estos treinta y cuatro años de historia de los usos de las radiaciones en España se pueden dividir en tres grandes etapas o periodos: La **etapa de la euforia**, de 1951 hasta 1964; la **etapa de la consolidación**, de 1965 a 1980 y la **etapa de la transformación**, de 1980 hasta 1986. Estos tres periodos están separados, respectivamente, por la promulgación de la Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear y por la ley 15/80 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear.

LA ETAPA DE LA EUFORIA (1951-1964)

El Decreto Ley de la Presidencia del Gobierno, del 22 de octubre de 1951, (BOE nº 297, del 24 de octubre de 1951), por el que se creaba la Junta de Energía Nuclear, estaba lleno de optimismo. España había permanecido aislada de los desarrollos nucleares de la época y tenía que ganar tiempo. Aunque el objetivo fundamental del Decreto Ley era la exploración y explotación de los minerales de uranio, no se olvidó de los usos y beneficios de la



Agustín Alonso.

radiación y los isótopos radiactivos. En su artículo 2º (d), el Decreto encomendaba a la Junta de Energía Nuclear "... la obtención, distribución e intervención del uso de isótopos radiactivos".

El famoso discurso del presidente Eisenhower ante la Asamblea General de Naciones Unidas el 8 de diciembre de 1953 y su programa "Átomos para la paz" desataron una euforia mundial sobre la energía nuclear, que también incluía el uso de las radiaciones. Del 9 al 20 de septiembre de 1957 se celebra en París un Congreso Internacional, patrocinado por la Unesco, sobre los usos de los isótopos radiactivos en las investigaciones científicas. La utilización

predominante en esta época era el uso de los isótopos como trazadores para el estudio de las reacciones de intercambio isotópico, cinética química, química estructural y química analítica. El punto culminante de estas manifestaciones internacionales fue la Primera Conferencia Internacional sobre los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear, la llamada *Primera Conferencia de Ginebra*, organizada por la ONU en agosto de 1955.

Entre tanto, se incrementaban las aplicaciones industriales de los isótopos radiactivos. J. M. Gamboa Loyarte, ya jefe de la Sección de Isótopos y A. Plata Bedmar, explican estas aplicaciones en la revista *Energía Nuclear*, el órgano oficial de la JEN (EN 12(3) octubre-diciembre de 1959). Entre estos usos destaca la gammagrafía industrial, que sustituía con ventaja a los rayos X, en cuanto al espesor y tamaño de las piezas a analizar, siendo el cobalto-60, el iridio-192 y el cesio-137 los isótopos más utilizados. La utilización del yodo-131, en forma de yoduro potásico, y del bromo-82, en forma de bromuro amónico, con fines hidrológicos adquirió en España un notable desarrollo del que el Dr. A. Plata Bedmar, quien adquirió notable prestigio internacional en la materia, fue uno de sus mejores exponentes (EN 17(5) enero-marzo 1961).

El desarrollo en España del uso de isótopos radiactivos esta contemplado por Gamboa Loyarte (EN 29, (8) enero-marzo de 1964). A finales de 1962 se habían autorizado 130 usuarios de isótopos en 89 instalaciones. Desde el punto de vista de la producción se desarrolló un método para la producción de carbono-14, se mejoró la producción de azufre-35, manganeso-54, hierro-59 y yodo-131. Se inició la producción de iridio-192 para gammagrafía, mercado que aumentaba muy rápidamente.

La JEN y los usos de la radiación en Medicina

Las aplicaciones médicas de la radiación y de los isótopos radiactivos son muy anteriores a la creación de la Junta de Energía Nuclear. Esta parte de la historia de los usos de la radiación ha sido muy bien glosada por otros autores, entre otros el doctor Manuel Castell "Historia de la Medicina Nuclear en España" y por el doctor Tobajas en su disertación para el ingreso en la Real Academia de Medicina de Zaragoza.

La primera interacción de la JEN con las actividades médicas tiene lugar con la creación de la Comisión Asesora de Medicina y Biología Animal, que preside el Dr. Marañón, y que incluye como vocales a los doctores Jiménez Díaz, Enríquez de Salamanca, Sanz Ibáñez, Gil y Gil, el catedrático de Radioquímica, Gamboa Loyarte y en la que actuaba como secretario el Dr. Pérez-Modrego. La comisión crea be-

cas de formación y en muchos hospitales y centros privados médicos se desarrollan procesos destinados a gammagrafía hepática con oro-198, tiroidea con yodo-131 y esplénica con cromo-51.

Otra segunda y significativa interacción de la Junta de Energía Nuclear con la Medicina es la creación del título de usuario de isótopos, al parecer a sugerencia del Prof. Pérez-Modrego, lo que inicia la labor de vigilancia y control que fue propia de la JEN hasta la creación del Consejo de Seguridad Nuclear. El primer título concedido recayó en el Dr. Pereda de la Reguera, de Santander. Los usuarios reconocidos podían recibir isótopos a través del sistema de distribución creado por la propia JEN.

La tercera interacción de la JEN con el mundo de la Medicina se produce cuando el reactor JEN-1 comienza a producir isótopos. La promulgación de la Ley 25/1964 abría la oportunidad de crear empresas para la importación, almacenamiento y distribución de isótopos radiactivos, lo que promovió la creación de la empresa *General Radioquímica*, importadora de productos franceses CIS y la empresa *Nuclear Ibérica* que importaba productos de la británica Amersham.

El reactor JEN-1

El reactor JEN-1, al principio llamado reactor de la Moncloa, ha sido la mayor fuente de radiación construida en España. El reactor alcanzó la criticidad el 9 de octubre de 1958. *Energía Nuclear* dedica enteramente un número a la descripción del reactor y a los usos potenciales del reactor (EN 8(2) octubre-diciembre 1958).



Reactor JEN-1



Recinto CORINA para el manejo de emisores gamma de alta actividad.

El Dr. Fernández Cellini y sus colaboradores, analizan las "posibilidades que ofrece el reactor de la Moncloa, desde el punto de vista químico". Como fuente de neutrones ya se vislumbraba la producción de isótopos radiactivos y el análisis químico por activación, para lo que se habían construido laboratorios anejos al reactor. Como fuente de fotones se consideró la transformación de las propiedades físicas de los materiales

por efecto de la radiación gamma.

Cinco años más tarde, el número 28 de *Energía Nuclear*, (EN 28(2) octubre-diciembre 1963), se dedicó por entero a los usos dados al reactor JEN-1. La utilización del reactor se normalizó y se sometió al dictamen previo de dos comisiones formadas por personal de la propia JEN. La Comisión de Usuarios analizaba cada solicitud de irradiación frente al programa previsto, estableciendo los criterios de prioridad. La Comisión de Seguridad, estudiaba y enjuiciaba cada solicitud desde el punto de vista de la seguridad. Una de los usos más notables fue la producción y distribución de isótopos radiactivos, bajo la responsabilidad de G. Domínguez Rodríguez y M. del Val Cob. Entre los isótopos producidos destaca el oro-198 coloidal, fósforo-32, cromo-51, hierro 55 y 59 y yodo-131. Antonio Travesí, de la División de Química Nuclear, se especializó en el análisis por activación neutrónica y en sus numerosas aplicaciones.

El desarrollo administrativo y legal

El artículo 2º (d) del Decreto Ley de la Presidencia del Gobierno del 22 de octubre de 1951 (BOE nº 297, del 24 de octubre de 1951), por el que se creaba la Junta de Energía Nuclear, encomendaba a ésta la obtención, distribución e intervención del uso de isótopos radiactivos. Como respuesta a tal requisito, en marzo de 1957, se creó la Sección de Isótopos de la JEN, bajo la dirección del Prof. Gamboa Loyarte, se encuadraba dentro de la Dirección de Química a Isótopos y su fin principal era la promoción y regulación del uso de los isótopos radiactivos en España (EN 15 (4) julio-septiembre 1960). Las funciones oficiales asignadas a la Sección de Isótopos eran:

- 1). La adquisición y suministro de isótopos radiactivos a los usuarios nacionales en las mejores condiciones técnicas y económicas posibles, con el máximo de comodidad para el usuario.
- 2). La información a los usuarios y a todos los interesados en la utilización de isótopos sobre los pormenores de distribución y su posible empleo en alguna técnica en particular.
- 3). El control y supervisión del empleo de los isótopos radiactivos dentro del territorio nacional para que éste se haga en las mejores condiciones de seguridad exigidas internacionalmente.
- 4). La promoción del empleo de isótopos radiactivos en todos los campos de utilización.

Se estableció un sistema de solicitud de usuario de isótopos en el que se consideraban las aplicaciones en: Biología Animal y Medicina, Biología Vegetal, Agricultura, Investigación Físico-Química y aplicaciones industriales. La resolución de la solicitud se llevaba a cabo en pasos sucesivos, requería el informe de la Comisión Asesora en el campo de actividad correspondiente y la resolución definitiva del presidente de la JEN. Hasta julio de 1960 trabajaban en España 46 usuarios autorizados.

La Orden de la Presidencia del Gobierno de 29 de mayo de 1961 (BOE nº.177 del 25 de julio de 1961) refuerza las decisiones tomadas por la JEN con anterioridad. Establece reglas para el control de isótopos radiactivos en el territorio nacional, y dictamina que no podrán ser adquiridos ni utilizados isótopos radiactivos, u otras fuentes radiactivas, incluidas las de teleterapia, por personas o entidades que no están expresamente autorizadas por la JEN como usuarios de isótopos. La orden establecía que el Ministerio de Comercio interesará la correspondiente información sobre si existe o no tal condición en el solicitante de la correspondiente autorización de importación.

El desarrollo de la protección contra las radiaciones ionizantes

A principios de 1960 comienza la preocupación por los riesgos asociados a las radiaciones ionizantes. Se reconoce que la falta de conocimientos hizo que durante algún tiempo se manejasen los rayos X y el radio, y posteriormente los isótopos radiactivos, sin las precauciones adecuadas, pronto se hicieron patentes los daños producidos. Comienza la regulación formal de la radiación, se establece e introduce el concepto de dosis tolerable, se crean servicios de protección médica, se mide la contaminación radiactiva y se establecen sistemas dosimétricos del personal de explotación.



Transporte y protección de isótopos.



A tales fines, una Orden de la Presidencia del Gobierno de 22 de diciembre de 1959 (BOE nº. 310 del 28 de diciembre de 1959) establece las normas de protección en el uso de los isótopos radiactivos y otras fuentes radiactivas. Las normas de este decreto se toman de las recomendaciones de Euratom. Se definen las zonas controladas y vigiladas y se fijan las dosis máximas permisibles por exposición externa, así como las concentraciones

máximas permisibles de isótopos radiactivos en agua para beber y aire respirable. Se crea una Comisión de Protección Radiológica, presidida por el director general de Sanidad, donde se había creado una Sección de Protección contra las Radiaciones Ionizantes, que actuaba como secretario de la comisión y representantes de la Junta de Energía Nuclear (dos) Medicina y Protección e Isótopos, el Instituto de Higiene y Seguridad del Trabajo, la Dirección General de Protección Civil el Ministerio de Agricultura y de Obras Públicas.

Hasta la promulgación de la Ley 25/64 sobre Energía Nuclear, la seguridad de las instalaciones que usaban isótopos radiactivos o fuentes de radiaciones ionizantes estaba contemplada por el "Reglamento sobre Industrias molestas, insalubres, nocivas y peligrosas", aprobado en virtud del Decreto de 30 de noviembre de 1961 (BOE nº. 292 del 7

de diciembre de 1961). El artículo 19, indicaba que "... serán consideradas como insalubres y nocivas las actividades relacionadas con el empleo de la energía nuclear o atómica, en cuanto puedan lugar a producir la contaminación del suelo, aire, aguas o productos alimenticios... El artículo añadía "...los que utilicen isótopos radiactivos adoptarán las medida específicas dictadas por los organismos técnicos competentes".

LA FASE DE CONSOLIDACIÓN 1964-1980

En Sesión Plenaria de las Cortes Españolas, celebrada el día 23 de abril de 1964, se aprobó la Ley 25/64 sobre Energía Nuclear a propuesta del Gobierno e inspirada por la propia JEN. En su conjunto, la Ley 25/64 sobre Energía Nuclear es un texto muy satisfactorio en lo que corresponde al establecimiento y definición de los principios básicos de seguridad y protección radiológica, si bien quedó pendiente la definición precisa de la autoridad administrativa. El Ministerio de Industria se reservó todas las funciones de autorización aunque se obligó a contar con el informe preceptivo, pero no vinculante de la JEN.

Después de la promulgación de la Ley 25/64 cesó el monopolio de la JEN y se liberalizó la importación de isótopos y moléculas marcadas; sin embargo, la JEN continuó siendo el único productor nacional de isótopos. Además, la JEN era por ley el organismo de control de la seguridad y de la protección radiológica, tenía la obligación de mantener estadísticas sobre el consumo, la formación de usuarios de isótopos, la investigación y la promoción del uso de isótopos radiactivos. La promulgación de la ley sólo afectó a los aspectos administrativos pero no modificó, más bien reforzó la investigación sobre los usos científicos e industriales de la radiación y la producción de isótopos.

La Sección de Química e Isótopos de la JEN realizó un interesante análisis de la producción y consumo de isótopos radiactivos en España en 1964 (EN 37(9) septiembre-octubre 1965). Destaca la producción de radio-fármacos tales como fosfatos coloidales de cromo y circonilo marcados con fósforo-32, el silicato coloidal de itrio marcado con itrio-90, el yodo-131 en cápsulas de gelatina para diagnóstico y muchas otras moléculas marcadas con yodo-131. En el año 1964 se pensaba seriamente en el aumento de la potencia del reactor hasta 10 megavatios con el objetivo de producir tecnecio-99 y cobalto-60.

Del 19 al 21 de junio de 1967 se celebra el Primer Simposio Nacional sobre Aplicaciones de los Isótopos Radiactivos. En opinión de R. Fernández Cellini, el simposio supone el final de la etapa de lanzamiento y consolidación

y comienza una segunda etapa de desarrollo masivo. En el simposio se presentaron ponencias sobre:

- Aplicaciones de los radioisótopos en Biología animal y Medicina, diagnósticos clínicos, terapia.
- Aplicaciones de los radioisótopos en ingeniería e industria: gammagrafía, investigación.
- Aplicaciones de los isótopos en Biología vegetal y Agricultura.

Al simposio acudieron representantes de los centros de investigación del Estado, universidades, centros hospitalarios públicos y privados e industrias avanzadas. En total 172 participantes de 88 entidades.

En dicho seminario G. Domínguez y M. del Val Cob, de la JEN, dieron una cumplida relación de la producción, consumo y utilización de los radioisótopos en España en 1965 y 1966.

La evolución del reactor JEN-1 y el final de la producción de isótopos

En 1968 se decidió introducir modificaciones considerables en el propio reactor JEN-1, el núcleo se apoyó sobre una mesa soporte en lugar de mantenerlo colgado de un puente, se mejoró la instrumentación y el control y se desmontó la columna térmica, entre otras modificaciones que duraron desde junio de 1969 hasta abril de 1970 y perturbaron de forma considerable la producción de isótopos y los programas de investigación.

A partir de 1976 el reactor JEN-1 no puede atender de forma satisfactoria la producción de isótopos a pesar de las modificaciones introducidas. Se empieza a considerar la producción de isótopos utilizando partículas cargadas procedentes de un acelerador. La producción de isótopos radiactivos en el reactor JEN-1 fue finalmente interrumpida en 1978. A partir de esa fecha el reactor sólo se utilizaba para fines de investigación.

La unidad Náyade de irradiación

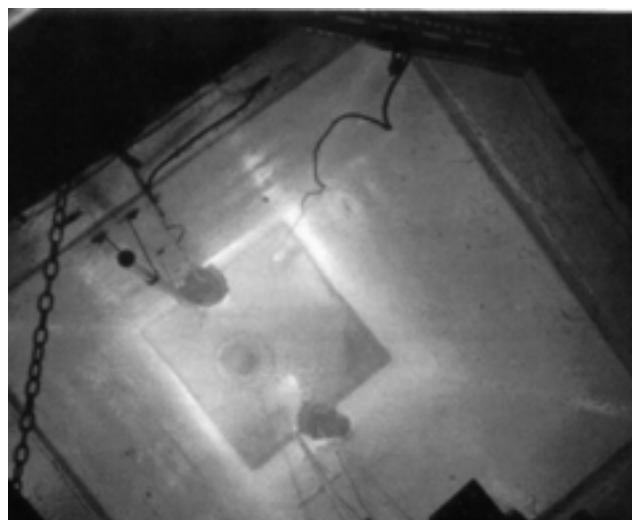
La concepción y diseño de la unidad Náyade comenzó el año 1961 y a finales del 1964 llegaba la primera carga de cobalto-60 de 4320 curios. La unidad Náyade respondía a las necesidades de una fuente intensa de radiación gamma. *Energía Nuclear* describe la unidad Náyade (EN 43(10) septiembre-octubre 1966). La capacidad teórica era de unos 100 000 curios. Las fuentes radiactivas se encontraban en el fondo de un pozo lleno de agua que actuaba de blindaje de las radiaciones mientras permitía la manipulación de las fuentes radiactivas, cuya disposición geométrica se acomodaba al experimento a realizar. El pozo tenía una sección cuadrada de 1,20 metros y una profundidad de 4,20 metros.

La Unidad Náyade entró en servicio en 1965 con una carga de 7000 curios de cobalto-60; en ella se realizaron investigaciones de interés, tanto por investigadores de la propia JEN como por investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y otras organizaciones, en campos tales como el estado sólido, la inactividad enzimática, los efectos de los ácidos nucleicos, los cambios de permeabilidad celular; así como en campos tecnológicos como la polimerización, el desarrollo de dosímetros y, sobre todo, en la conservación de alimentos.

La conservación de alimentos alcanzó un nivel muy notable, se demostró que los brotes de las patatas se inhibían completamente a dosis relativamente bajas, sin disminución de peso ni pérdida de sus características organolépticas. Se demostró que la vida de los limones era cuatro veces superior a la vida de las muestras de control no irradiadas y lo mismo sucedía con las cebollas.

Se estableció una colaboración con el laboratorio austriaco de Seibersdorf para la realización de un proyecto de investigación para la conservación de zumos de frutas, patrocinado por la Agencia Europea de Energía Nuclear y el OIEA. El tema interesó a las entidades privadas y se estableció un acuerdo para la construcción de una gran unidad de irradiación de alimentos que no llegó a concretarse.

Los resultados preliminares del proyecto Seibersdorf fueron analizados detalladamente por R. Barrera, L. Gascó y F. de la Cruz (EN 52(12) 1968), llegando a la conclusión que los zumos de manzana no sufrían alteraciones sensibles hasta llegar a la dosis de pasteurización, unos 300 rads, mientras que los de uva sufrían alteraciones inaceptables a dosis más bajas.



Unidad Náyade de radiación.



Primer Simposio sobre Aplicaciones de los Radisótopos (1967).

La esterilización de alimentos requiere el conocimiento de los cambios físicos y químicos que experimentan los alimentos por irradiación; la economía del proceso, y los aspectos legales, técnicos y científicos. Los desarrollos españoles se basaron en la utilización de la unidad de irradiación Náyade de la Junta de Energía Nuclear.

En 1970 España ocupaba el tercer lugar en Europa en capturas de pesca marina, detrás de la URSS y de Noruega, y el octavo en el mundo. Era el segundo en Europa y el sexto en el mundo por el valor económico de dichas capturas. No extraña pues el interés privado por la conservación de este bien. R. Barrera y Luis Gascó (EN 69(15) enero-febrero 1971) describen los compuestos radiolíticos volátiles que pueden aparecer en la merluza (*merlucius merlucius*) irradiada. La formación de estos compuestos es una función creciente de la dosis suministrada al producto original.

En la IV Conferencia Internacional sobre los usos Pacíficos de la Energía Atómica, celebrada en Ginebra del 5 al 16 de septiembre de 1971, la irradiación de alimentos tuvo una manifestación relevante. Los investigadores españoles habían conseguido la certificación de comercialización de las patatas irradiadas y estaba en marcha la de las cebollas. Se había participado en el Proyecto Seibensdorf y se colaboraba en el Proyecto Internacional ENEA/OIEA, en el que participaban 18 países, sobre el estudio básico y tecnológico de la seguridad para el consumo de alimentos irradiados, lo que de nuevo estimula un proyecto de construcción de una planta piloto para la irradiación de alimentos.

En 1980 un Comité Conjunto de Expertos de FAO/OIEA/OMS dictaminó "que la irradiación de cualquier alimento hasta una dosis de 10kGy no presenta riesgo toxicológico alguno". En muchos países avanzados se construyeron instalaciones de irradiación de distintos tipos de alimentos. En España, la irradiación de alimentos en la unidad Náyade fue languideciendo hasta su total desaparición.

La autorización de construcción de centrales nucleares en España fue acompañada de un requisito impuesto por el Ministerio de Industria en el que se pedía la mayor participación nacional posible en el diseño, construcción y aportación de materiales y equipos técnicos. Los cables eléctricos fabricados en España fueron uno de los componentes de mayor interés, sólo faltaba verificar su idoneidad para ser utilizado en las centrales nucleares, se requería el cumplimiento de las normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de los Estados Unidos, las famosas normas IEEE. Una de estas normas (IEEE 323-1974) exigía la irradiación de tres metros de cable hasta dosis de 50 millones de rad, valor calculado para el caso del mayor accidente previsible de la época. La unidad Náyade de la JEN fue acondicionada para poder irradiar cables de tres metros de longitud en las condiciones de la norma haciendo pasar el cable en régimen dinámico de forma reiterada y precisa a través de la fuente de modo que la irradiación fuese uniforme en toda su longitud.

El desarrollo legal

En 1964 se publica la Ley sobre Energía Nuclear antes citada. La ley preveía la elaboración de las correspondientes reglamentos de aplicación. Entre los temas que resultaba imprescindible desarrollar se identificaron los relativos a la responsabilidad civil por daños a terceros, el régimen de autorización e inspección de las instalaciones, la protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes, el transporte de materiales radiactivos y sustancias nucleares y la gestión de los residuos radiactivos. La propia ley daba un año de plazo para la redacción de tales documentos.

La JEN debió quedar desilusionada con el texto final de la ley; su autoridad en el régimen de autorizaciones quedaba relegado a un segundo término. El hecho es que, ya fuera por desilusión, ya por tener una vocación más científica que reglamentaria, la JEN no participó en el desarrollo de los reglamentos necesarios. El reglamento correspondiente a la responsabilidad civil fue preparado a tiempo dentro del Ministerio de Hacienda, pero los otros fueron considerablemente diferidos. El Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, no fue aprobado hasta el año 1972, a iniciativa del propio Ministerio de Industria y Energía. El Reglamento sobre la Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes no se publicó hasta el año 1986. Hasta ese momento la protección radiológica se basó en las órdenes ministeriales de la Presidencia del Gobierno del año 1959, ya citadas.

En lo que se refiere a los usos de los isótopos y fuentes de radiación, cuando se promulgó la Ley 25/64 sobre Energía

Nuclear no se reconoció la solidez de los procedimientos administrativos ya en marcha, que fue sustituido por una autorización del Ministerio de Industria con el informe preceptivo de la JEN. Internamente se decidió que las responsabilidades administrativas desarrolladas y encomendadas a la Sección de Isótopos pasasen a la Sección de Seguridad Nuclear, más tarde Departamento de Seguridad Nuclear, que dependía de la Secretaría General Técnica, a quien también se hizo responsable de la inspección de las instalaciones. La JEN conservó el derecho pleno de concesión de títulos de supervisor y operador de instalaciones nucleares y radiactivas, tarea que se encomendó a un tribunal, en el que participaban vocales de la Sección de Seguridad Nuclear, de la Sección de Isótopos y del Instituto de Estudios Nucleares, también se incluía un vocal representante de la propiedad de la instalación correspondiente.

En el campo de la evaluación e inspección de las IIRR se crearon procedimientos administrativos y se creó un cuerpo de inspectores, que contribuyó, de forma significativa, a la operación segura de dichas instalaciones. La publicación del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas estimuló la redacción de normativa específica entre la que destacan varias guías de seguridad, entre las que sobresalen:

- GSN-01/76.- Guía para solicitar la puesta en marcha de las instalaciones de manipulación o almacenamiento de isótopos radiactivos (2ª y 3ª categoría).
- GSN-04/77.- Guía para la obtención del título de jefe del Servicio de Protección contra las Radiaciones.
- GSN-05/77.- Requisitos físico-químicos exigidos a los candidatos para la obtención y el uso de las licencias de operadores y supervisores de instalaciones nucleares y radiactivas.
- GSN-10/78.- Guía para la elaboración de informes anuales de IIRR.
- GSN-14/80.- Cualificaciones y requisitos exigidos a los candidatos para la obtención y uso de licencias de operación de IIRR.
- GSN-12/79.- Criterios para el almacenamiento temporal de residuos radiactivos (no publicado).

El control de los radio-fármacos no empezó a manifestarse hasta bien entrada la década de los setenta. La JEN, en colaboración con la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina, CONEA, desarrolló un cuerpo completo de especificaciones de los productos de uso médico. El Dr. Ortega Amaya, jefe de la Sección de Radioquímica del Servicio de Medicina Nuclear de la Ciudad Sanitaria Virgen del Rocío de Sevilla, describe (EN 102(20) julio-agosto 1976) los criterios de pureza y métodos de control que han de rea-

lizar los laboratorios adscritos a los servicios de medicina nuclear de los hospitales para conseguir que los radio-fármacos puedan ser usados con toda garantía de utilidad diagnóstica e inocuidad, circunstancia que no estaba contemplada en la legislación española, por lo que era necesario acomodarse a las instrucciones emitidas por los organismos internacionales, en este caso la Organización Mundial de la Salud. Este control es de especial interés en los radio-fármacos producidos en el propio hospital a partir del eluido de un generador, en especial el sistema molibdeno-99/ tecnecio-99m.

A pesar de que era un desarrollo propio de la Ley 25/64, el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas fue aprobado por Decreto 2869/1972. Este decreto desarrolló el capítulo V de la Ley 25/64 sobre Energía Nuclear, relativo a las autorizaciones para las instalaciones nucleares y radiactivas. Desde el punto de vista de la protección radiológica siguieron vigentes las órdenes de la Presidencia del Gobierno de 22 de diciembre de 1959 y de 10 de julio de 1962. Esta anómala situación se mantiene hasta la publicación del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes, Real Decreto 2519/1982, de 12 de agosto, publicado después de la ley de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.

LA ÉPOCA DE LA TRANSFORMACIÓN (1980-1986)

La Ley 15/1980, de 29 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, traslada a este nuevo organismo todas las responsabilidades de la JEN relacionadas con la vigilancia, control e inspección de las instalaciones y actividades nucleares y radiactivas. La JEN se muestra resignada ante la nueva pérdida de competencias como se ha dicho antes en 1979 se habían cedido a Enusa parte de las atribuciones correspondientes al ciclo de combustible. En una editorial de *Energía Nuclear* se comenta

"...la Junta de Energía Nuclear, al reducir los azimutes de su quehacer, podrá concentrarse en la investigación, la promoción de la industria nuclear, la formación de personal y la cooperación internacional...".

Así lo intentó, pero las circunstancias del momento no eran propicias, iniciándose un periodo de decadencia que concluyó con la conversión de la JEN en el Ciemat.

El reactor JEN-1 dejó de producir isótopos en 1978. Después de cerrado el reactor, los laboratorios de radioquímica continuaron funcionando hasta el año 1983 separando isótopos, principalmente yodo-131, a partir de óxido de telurio irradiado en Francia.

El cierre de las instalaciones de producción y distribución de isótopos de la JEN obliga a la importación de todos los isótopos que se consumen en el país.

El centro de Soria. La gran oportunidad perdida

Las instalaciones de la JEN eran limitadas y su ubicación no permitía la construcción de las grandes instalaciones nucleares que se necesitaban para llevar a cabo una investigación satisfactoria y eficaz. Un decreto de la Presidencia del Gobierno autoriza a la JEN a construir un nuevo centro de investigaciones nucleares, que la JEN ubica en el término municipal de Lobia en la provincia de Soria, y adquiere los terrenos correspondientes, no sin una gran oposición social.

En el centro de Soria se pretendía instalar varios reactores nucleares entre los que, para el objetivo de esta presentación destaca el reactor JEN-3. En 1979 el valor anual del mercado nacional de radisótopos alcanzó unos 700 millones de pesetas, al que hay que añadir fletes, seguros, tasas y beneficios comerciales, de este valor económico, la JEN llegó a cubrir más del 50% del consumo nacional; en el año 1983 tal participación no llegaba al 5%, con más del 70% asignado a los usos médicos. El crecimiento previsto en la época suponía una duplicación del valor monetario cada cinco años. Estas consideraciones, junto con la necesidad de utilizar los neutrones para el desarrollo de materiales nucleares, la prueba de nuevos combustibles y radiaciones de todo tipo, llevó a la JEN a la consideración de un nuevo reactor, el JEN-3. Rafael Caro Manso desarrolló el concepto (EN 27(145), septiembre-octubre 1983). Se trataba de un reactor de 10 a 20 megavatios, de alto flujo neutrónico y dotado de un espacio grande para la irradiación, lo que suponía un diseño de en dos mitades acopladas con una trampa de flujo de agua pesada. Junto al reactor se pretendía instalar laboratorios para la separación y preparación de isótopos y moléculas marcadas. Desgraciadamente este proyecto no pasó de la fase de diseño. También se había prevista la construcción de una unidad de radiación gamma de 500 kcurios de cobalto-60 y otras muchas instalaciones.

La transformación de la JEN en CIEMAT

La Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, la llamada *Ley de la Ciencia*, declara, art. 13, que la Junta de Energía Nuclear pasa a denominarse Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. El Real Decreto 1952/2000, de 1 de diciembre, se aprueba el Estatuto del Ciemat, que mantiene un Departamento de Fisión Nuclear al que corresponderá "la coordinación de las actividades de investigación y desarrollo y de apoyo técnico, destinado al aumento de

la seguridad y disponibilidad de las plantas nucleares, y de la adecuada gestión de los residuos".

El nuevo Ciemat se hace propietario de las instalaciones de la antigua JEN y se hace responsable del desarrollo y puesta en práctica de las nuevas atribuciones. Algunas de las instalaciones del centro de investigación son utilizables para los nuevos programas y otras, incluyendo el propio reactor JEN-1 tienen que ser desmanteladas y todo el centro descontaminado de acuerdo con el principio décimo de los Principios fundamentales de seguridad del OIEA.

CONCLUSIONES

La breve nota histórica que se presenta revela cómo una institución única, creada tempranamente y con todas las atribuciones y autoridad para desarrollar todas las versiones posibles de la tecnología nuclear ha sido despejada paulatinamente de toda su autoridad hasta ser convertida en una nueva institución con fines distintos y autoridad limitada. En este proceso, que dura sólo 34 años, la JEN va dejando semillas que han fructificado y se han convertido en nuevas instituciones o han incrementado las atribuciones de instituciones más antiguas.

La Ley 25/64 sobre Energía Nuclear despojó a la JEN de su autoridad para autorizar instalaciones y actividades nucleares y radiactivas que trasladó al Ministerio de Industria, aunque conservó el informe preceptivo y la concesión de las licencias de operador y supervisor de las instalaciones.

La Ley 15/80 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear despojó a la JEN de su obligación de informar de forma preceptiva al Ministerio de Industria y Energía y de su autoridad para conceder licencias de operador y supervisor.

El Decreto de Ordenación de las Actividades del Ciclo del Combustible Nuclear restó a la JEN de sus notables actividades en la minería del uranio y en la gestión del combustible. El Decreto de creación de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos SA, Enresa, restó a la JEN de sus actividades en la gestión de residuos radiactivos. Pero la JEN mantuvo siempre su autoridad en la investigación y el desarrollo tecnológico.

El decreto que convierte a la JEN en Ciemat hace de esta nueva institución un organismo de investigación en la energía, medio ambiente y tecnología. Esta claro que el presente de Ciemat ha estado condicionado por lo que se hizo en el pasado, cabe por tanto esperar que Ciemat contribuya de forma efectiva al renacimiento de la energía nuclear y al fomento del uso de las radiaciones. Así lo deseamos. ■

¿Es necesario adoptar medidas de protección radiológica ocupacionales en algunas industrias NORM españolas dedicadas al procesamiento de minerales o materias primas?

R. García-Tenorio^(1, 3) y J.P. Bolívar⁽²⁾

⁽¹⁾Grupo Física Nuclear Aplicada, Universidad de Sevilla

⁽²⁾Grupo Física de las Radiaciones y Medioambiente, Universidad de Huelva

⁽³⁾Centro Nacional de Aceleradores (CNA), Sevilla

RESUMEN

En este trabajo se documenta el porqué es muy limitado el número de industrias NORM españolas dedicadas al procesamiento de minerales o materias primas en las cuales es necesario adoptar medidas de protección radiológica ocupacionales. Algunas de esas medidas de protección ya se aplican históricamente en algún caso como medida genérica de higiene y seguridad en el trabajo, siendo generalmente necesarias sólo cuando en las industrias afectadas se realizan labores de mantenimiento o gestión de residuos.

ABSTRACT

In this work it is documented why is quite limited the number of Spanish NORM industries devoted to the processing of minerals and/or raw materials where it is necessary to adopt occupational radiological protection countermeasures. These countermeasures are coincident in some cases with OHS countermeasures historically applied in the affected industries and in most cases can be only needed in working situations associated with maintenance operations.

INTRODUCCIÓN

Existen a nivel mundial una serie de industrias en las que o bien se procesan con fines comerciales minerales o materias primas que presentan concentraciones elevadas de radionucleidos naturales, o bien se produce la concentración de algunos de estos radionucleidos por las peculiaridades de su proceso. Como consecuencia, en estas industrias (denominadas industrias NORM, acrónimo de *Naturally Occuring Radioactive Material*) pueden existir incrementos de la exposición de los trabajadores, y en su caso miembros del público. En algunos casos, este incremento puede que no pueda ser considerado como despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica, por lo que, atendiendo a la legislación vigente en nuestro país, es imprescindible que los titulares de las industrias procesadoras de minerales y materias primas en las que existan fuentes naturales de radiación realicen los estudios pertinentes para evaluar las mencionadas exposiciones (Título VII, Real Decreto sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, BOE 783/2001).

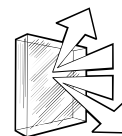
Estos estudios deben realizarse en nuestro país siguiendo las orientaciones dadas al efecto por el Consejo de Seguridad Nuclear, organismo que a la vista de los resultados y conclusiones obtenidos, determinará si la industria anali-

zada deberá poseer dispositivos adecuados de vigilancia de las exposiciones, y cuando sea necesario, establecerá adicionalmente bien las medidas a aplicar destinadas a reducir las exposiciones y/o bien las medidas de protección radiológicas necesarias.

Dentro de las industrias procesadoras de minerales y materias primas, y en relación con los estudios a realizar para evaluar las exposiciones a la radiación natural de trabajadores y público, podemos realizar la siguiente clasificación:

- a) Aquellas industrias en las que el mineral o la materia prima procesada presenta la particularidad de encontrarse enriquecida en radionucleidos naturales (Grupo A), y
- b) Aquellas industrias en las que el mineral o materia prima no presenta concentraciones elevadas en radionucleidos naturales, pero sin embargo se produce durante el proceso de producción el fraccionamiento selectivo de su contenido radiactivo, de tal forma que se generan productos o residuos altamente enriquecidos en los mencionados radionucleidos (Grupo B).

En este trabajo nos centraremos en particular en analizar la posible necesidad de adoptar medidas de reducción de exposiciones o medidas de protección radiológica en algunos tipos de industrias NORM existentes en nuestro país, entre las que podemos destacar las siguientes:



- a) Industria de producción de gas y petróleo (Grupo B).
- b) Industria de producción de dióxido de titanio (Grupo A).
- c) Industria de producción de ácido fosfórico y fertilizantes (Grupo A).
- d) Industria del zirconio (cerámica) (Grupo A).
- e) Producción de estaño, cobre, aluminio, zinc, hierro y otros metales (Grupo A, B).
- f) Combustión del carbón (Grupo B).

Concretamente, el objetivo será mostrar cómo, en general, la necesidad de tomar medidas de protección radiológica en industrias NORM dedicadas al procesado de minerales y materias primas se restringe a un número muy limitado de ellas.

Así, documentaremos como las dosis efectivas que pueden recibir los trabajadores son en general inferiores a 1 mSv/año, no exigiendo por lo tanto la adopción de medidas de protección radiológica, cuando estos trabajadores:

- a) realizan sus labores en aquellas zonas de las industrias en las que se procede a una manipulación física de las materias primas (transporte, secado, molido, separación por tamaño de grano, etc) antes de ser procesadas,
- b) se encargan de la gestión de los residuos a gran escala producidos (residuos que generalmente o bien son apilados en grandes balsas o tratados y almacenados en plantas inertizadoras), y
- c) realizan labores de manipulación, gestión y comercialización de la mayoría de los productos finales generados.

Ahora bien, adicionalmente trataremos de mostrar como las medidas de protección radiológica, en caso de ser necesarias, fundamentalmente tendrán que ser tomadas por la generación en algunas de estas industrias de ciertos residuos en pequeña cantidad pero muy enriquecidos en radionucleidos naturales. Dichas medidas de protección radiológica podrán afectar tanto a los trabajadores encargados de la gestión de estos residuos como a los trabajadores encargados de las labores de mantenimiento.

Es necesario también remarcar que el estudio realizado no cubre todas las actividades laborales en las cuales puede existir un incremento de la exposición de los trabajadores y

miembros del público en general debido a fuentes naturales de radiación. No se cubre en particular, la evaluación del incremento de la exposición asociado a labores de minería, ni aquellas actividades laborales en las que los trabajadores y, en su caso, los miembros del público estén expuestos a la inhalación de descendientes de torón o de radón o a la radiación gamma en lugares de trabajo tales como establecimientos termales, cuevas, y lugares de trabajo subterráneos o no subterráneos en áreas identificadas.

EXPOSICIONES OCUPACIONALES EN INDUSTRIAS NORM DEBIDO A MATERIAS PRIMAS, RESIDUOS GENERADOS EN GRAN CANTIDAD Y PRODUCTOS FINALES

En las industrias NORM calificadas con anterioridad como Grupo A, se procesan minerales y materias primas caracterizadas por presentar elevadas concentraciones en radionucleidos de la serie del uranio o del torio. Casos típicos son los mostrados en la tabla 1: la industria cerámica utilizando arena de zirconio, la industria de producción de ácido fosfórico y fertilizantes utilizando roca fosfática, las industrias dedicada a la extracción de metales (cobre, hierro, zinc...) de minerales, etc. Dichos minerales o materias primas se caracterizan porque los radionucleidos pertenecientes a la misma serie natural (uranio o torio) se encuentran prácticamente en equilibrio secular, rompiéndose éste únicamente en su procesado posterior.

Los incrementos de dosis ocupacionales que pueden recibir directamente los trabajadores antes del procesado de estos minerales, se encuentran generalmente asociadas a su manipulación física previa (transporte, secado, molido, separación por tamaño de grano, etc). Y estos incrementos suelen ser, salvo casos excepcionales bastante moderados. Baste indicar para ello, como ejemplo, que mediante trabajos de modelización se ha determinado, a) asumiendo una permanencia del trabajador de 400 horas anuales a una distancia de 1 metro de una pila de grandes dimensiones de estas materias primas y b) asumiendo una inhalación de 1 mg/m³ de éstas durante 200 horas anuales, que el incremento de dosis

Materia prima	Serie radioactiva natural presente	Concentración de actividad (Bq/g)
Arena de zirconio (cerámica)	²³⁸ U	2 - 4
Roca fosfática (P ₂ O ₅ , fertilizante)	²³⁸ U	0.03 -2
Ilmenita (producción de TiO ₂)	²³² Th	0.01 - 2
Bauxita (producción aluminio)	²³⁸ U	0.01 -2
Minerales extracción metales	²³⁸ U	< 1.0*

* En casos excepcionales puede llegar hasta 3 Bq/g

Tabla 1. Minerales utilizados como materias primas en diversas industrias NORM. Se indica la serie radiactiva natural en que dichos minerales se encuentran enriquecidos, y las concentraciones de actividad típicas de encontrar en esos minerales (concentraciones de actividad correspondientes al progenitor de la serie).

Industria NORM	Materia prima	Dosis efectiva (mSv/a)
Cerámica	Arena de zirconio	< 1.6
Producción de P ₂ O ₅	Roca fosfática	< 0.8
Pigmentos de TiO ₂	Ilmenita	<0.8
Producción Aluminio	Bauxita	<0.8
Metal	Varios	< 0.4

Tabla 2. Valores límites en los incrementos de dosis efectivas susceptibles de ser recibidas por los trabajadores en diversas industrias NORM, debido a la manipulación física de las materias primas (antes de su procesado).

Subproducto o residuo	Radionucleido en mayor concentración	Concentración de actividad (Bq/g)
Fosfoyeso (producción de P ₂ O ₅)	²²⁶ Ra	Hasta 1.5
Lodos rojos (producción aluminio)	²³⁸ U, ²³² Th	Hasta 2
Yesos Rojos (producción de TiO ₂)	²³⁸ U, ²³² Th	Hasta 0.5

Tabla 3. Ejemplos de residuos a "gran escala" generados en industrias NORM. Las concentraciones de actividad para los radionucleidos mayoritarios en estos residuos son del orden de las presentes en la materia prima que los originan.

que dicho trabajador experimentaría se encuentra en el rango 0.02 – 0.4 mSv/año por Bq/g del progenitor de la serie radiactiva natural presente en el mineral (IAEA, 2006). Ello, y en el caso de los minerales detallados en la tabla 1, llevaría a que los trabajadores recibieran por esta vía unos incrementos de dosis inferiores a los límites mostrados en la tabla 2. Solo en el caso de las arenas de zirconio, puede ser necesario tomar algunas medidas de vigilancia o protección, mientras que en la mayoría de los casos analizados estos incrementos son inferiores a 1 mSv/año.

Es de mencionar que los límites fijados en la tabla 2 se pueden considerar como bastante conservativos. Baste indicar por ejemplo, que en estudios realizados conjuntamente por los grupos de Física de las Radiaciones y Medio Ambiente de la Universidad de Huelva y Física Nuclear Aplicada de la Universidad de Sevilla, se han determinado en industrias de producción de ácido fosfórico y de pigmentos de dióxido de titanio (ambas sitas en Huelva), incrementos de dosis en los trabajadores encargados de la manipulación de los minerales afectados (transporte, almacenamiento y molienda) que no superan los 0.3 mSv/año (Bolívar et al., 2008a).

Por otra parte, en un número apreciable de industrias NORM, calificadas dentro del grupo A, se generan durante el proceso de obtención del producto final, unos residuos o co-productos en una cantidad muy apreciable, incluso del mismo orden de magnitud que el mineral tratado. Estos residuos generados "a gran escala" contienen en su mayoría una fracción del contenido radiactivo presente originalmente en la materia prima, aunque debido generalmente a su obtención tras un ataque químico de ésta, el equilibrio secular en las series radiactivas naturales no existe, acumulando de forma preferencial algún o algunos radioelementos de la cadena.

Diversos residuos generados a "gran escala" en industrias NORM se encuentran recogidos en la tabla 3. En dicha tabla y para cada residuo, se indica el radionucleido natural de mayor concentración de actividad usualmente presente en ellos y los niveles máximos asociados.

Un caso paradigmático de generación de residuo a "gran escala" se da en la industria de producción de ácido fosfórico, al tratar la roca fosfática (generalmente sedimentaria) con ácido sulfúrico. En dicho proceso y conjuntamente con el ácido fosfórico, se obtiene un co-producto comúnmente denominado fosfoyeso (sulfato cálcico dihidratado) en una proporción de 1.5 gramos por gramo de roca fosfática procesada. Este fosfoyeso, selectivamente acumula el 85-90% del ²²⁶Ra originalmente presente en la roca fosfática y porcentajes similares de ²¹⁰Pb y ²¹⁰Po, mientras que por el contrario solo acumula el 15-20% del uranio, elemento que se asocia fundamentalmente al ácido fosfórico generado (Bolívar et al., 1996).

La gestión de estos residuos "a gran escala" se realiza fundamentalmente a través de su apilamiento en grandes balsas o a través de su tratamiento y almacenamiento en plantas inertizadoras (ver como ejemplo, figura 1). En esos procesos de gestión se tiene una experiencia contrastada en nuestro país y han sido optimizados y mejorados a lo largo del tiempo. Son, por otra parte, procesos en los que en general se ha realizado una evaluación radiológica, o se tiene conocimiento por estudios análogos de su posible impacto radiológico, que suele ser bastante limitado. Ese es el caso, por ejemplo de las balsas de fosfoyeso situadas en el estuario de Huelva, donde se ha comprobado que el incremento de dosis efectiva experimentado por los trabajadores encargados de su gestión y mantenimiento difícilmente supera los

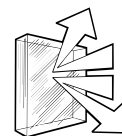


Figura 1. Fotografía aérea de la zona de apilamiento de fosfoyesos situada en las marismas del Tinto (Huelva). La balsa actualmente utilizada para ese apilamiento, cubre una extensión de unas 300 hectáreas.

0.3 mSv/año, mientras que el impacto radiológico sobre la población se ha estimado como prácticamente nulo (Bolívar et al., 2008b).

Es de destacar, por otra parte, que la gestión de los residuos “a gran escala” en pilas o balsas, debe ir acompañado de un programa bien definido de restauración de la zona, una vez éstas se encuentren colmatadas, para minimizar su posible impacto radiológico futuro. En el caso de las balsas de fosfoyeso de Huelva, esta labor de restauración se ha realizado ya parcialmente en unas 600 hectáreas que fueron utilizadas para el almacenamiento de fosfoyeso en el último cuarto del siglo XX, que fueron cubiertas con un capa de suelo de 60 cm de espesor y revegetadas con flora autóctona de la zona, consiguiéndose de esa forma en las zonas restauradas tasas de dosis instantáneas por irradiación externa idénticas a las determinadas en zonas del entorno no perturbadas y en Huelva capital (Bolívar et al., 2008b).

En relación con las dosis ocupacionales susceptibles de ser recibidas por los trabajadores que realizan labores de manipulación, gestión y comercialización de la mayoría de los productos finales generados, indicaremos que éstas de for-

ma general son muy limitadas o nulas. Un gran número de productos finales generados en industrias NORM se caracterizan por encontrarse prácticamente libres de radiactividad natural (metales refinados, refinado de petróleo, pigmentos de TiO_2 , etc), tal y como queda reflejado en la tabla 4.

Sólo en el caso de los refractarios conteniendo zirconio (generados en la industria cerámica) puede ser necesario la realización de estudios específicos sobre las dosis recibidas por los trabajadores, debido al elevado contenido de uranio y descendientes presentes en ellos. En el caso del impacto radiológico asociado a la producción de ácido fosfórico y fertilizantes fosfatados, indicaremos que éste tanto para los trabajadores como para el público será bastante limitado, al contener los fertilizantes fosfatados de una forma selectiva sólo en concentraciones remarcables a los isótopos de uranio, y no a sus descendientes. Estos isótopos de uranio son emisores alfa, por lo que la manipulación y gestión de los mencionados productos dan lugar a exposiciones por irradiación externa despreciables, mientras que la vía de inhalación puede dar lugar sólo a exposiciones muy moderadas, o incluso prácticamente nulas si se toman medidas simples de seguridad e higiene en el trabajo (uso por ejemplo de mascarillas en las labores de manipulación de fertilizantes).

PUNTOS “CALIENTES” EN INDUSTRIAS NORM

Llegados a este punto, podría pensarse a la vista de los resultados y conclusiones plasmadas en la sección anterior, que las implicaciones radiológicas asociadas a las industrias NORM son en general muy pequeñas, y asumibles en la mayoría de los casos sin necesidad de tomar medidas de protección radiológica e incluso de vigilancia y control. Ahora bien, en algunas de las industrias NORM previamente citadas se generan en una cantidad bastante limitada unos tipos de residuos que presentan la particularidad de acumular selectivamente una gran cantidad de uno o varios de los radionucleidos que fluyen a lo largo del proceso de producción. Es el caso de las escorias generadas en plantas de fundición, del material particulado colectado en sistemas de filtración, de las costras (“scales”) formadas en las paredes internas de tuberías y equipos, de los inatacados en procesos de

Producto final	Contenido radiactivo
Refinados de Cu, Fe, Zn, Sn,....	Libre de radionucleidos naturales
Pigmentos de TiO_2	Libre de radionucleidos naturales
Refinados de petróleo	Libre de radionucleidos naturales
Acido fosfórico	Hasta 2 Bq/g ^{238}U , <0.2 Bq/g ^{226}Ra
Fertilizantes fosfatados	Hasta 2 Bq/g ^{238}U , <0.2 Bq/g ^{226}Ra
Refractarios conteniendo Zirconio	Hasta 2 Bq/g de ^{238}U y descendientes

Tabla 4. Contenido radiactivo en productos finales generados en algunas industrias NORM españolas representativas.

Tipo de residuo	Radionucleidos en mayor concentración	Concentraciones Actividad (Bq/g)
Inatacado (producción TiO_2)	^{226}Ra , ^{228}Ra	Hasta 10 Bq/g
Escoria (producción de Sn)	^{232}Th	Hasta 15 Bq/g
Escoria (producción de Cu)	^{226}Ra	Hasta 2 Bq/g
Aerosoles filtros chimeneas (fundición de metales)	^{210}Pb , ^{210}Po	Hasta 200 Bq/g
Aerosoles filtros chimeneas (combustión de carbón)	^{210}Pb , ^{210}Po	Hasta 100 Bq/g
Aerosoles filtros chimeneas (producción de zirconia)	^{210}Po	Hasta 600 Bq/g

Tabla 5. Inatacados, escorias y material particulado retenido en filtros de chimeneas generados en diversas industrias NORM. Estos residuos se caracterizan por presentar elevadas concentraciones de algunos radionucleidos naturales.

disolución, de los fangos acumulados en depósitos situados a lo largo de producción, etc. La acumulación de estos residuos en algunos puntos o zonas localizadas en el proceso industrial dan lugar a la existencia de puntos "calientes" desde el punto de vista radiológico en el interior de esas industrias y la necesidad de cómo veremos tomar medidas de prevención e incluso de protección radiológica.

En la tabla 5 se muestran las concentraciones de actividad determinadas para ciertos radionucleidos naturales, en un conjunto de residuos que a pequeña escala se generan en algunas industrias NORM. En ella se incluye el material inatacado y no disuelto en el proceso de producción de pigmentos de dióxido de titanio al atacar la materia prima (ilmenita) con ácido sulfúrico, las escorias generadas en diversos procesos de fundición para la extracción de metales, y los aerosoles colectados en las chimeneas de centrales térmicas de carbón y de plantas dedicadas a la producción de zirconia. Los aerosoles colectados en estas dos últimas industrias NORM presentan la particularidad de estar enormemente enriquecidos en ^{210}Po y fundamentalmente ^{210}Pb , radionucleidos que se caracterizan por su alta volatilidad, al aplicarse en los procesos industriales indicados muy altas temperaturas.

La gestión de estos residuos debe ser analizada convenientemente y realizada siguiendo unos protocolos bien definidos minimizando su impacto radiológico, mientras que se debe evaluar las dosis susceptibles de ser recibidas por los trabajadores en labores de mantenimiento y limpieza de filtros.

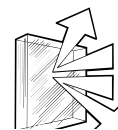
Otro tipo de residuo que se produce a pequeña escala másica en alguna industria NORM, pero presentando elevadas concentraciones de actividad de algún radionucleido natural, es el conocido por su denominación en inglés: "Scale". Son simplemente costras o finas láminas enriquecidas generalmente en isótopos de radio y en algún caso en ^{210}Pb y ^{210}Po que se generan en algunos procesos industriales adhiriéndose a paredes de tuberías, válvulas y equipos (ver figura 2). Estas costras o "scales", en el caso de las enriquecidas fundamentalmente en isótopos de radio

surgen de la precipitación general desde la solución que fluye en los procesos de elementos como Ba y Pb en forma de sulfato o carbonato al producirse algún variación de alguna variable física que afecta a su solubilidad (se encuentran en los procesos de extracción de petróleo, en la fabricación de pigmentos de TiO_2 y en la producción de ácido fosfórico entre otros), mientras que en el caso de las enriquecidas en ^{210}Pb y ^{210}Po , surgen por la deposición en paredes de calderas y tuberías de estos radionucleidos tras su previa volatilización de la materia procesada al ser sometida a muy altas temperaturas.

En la tabla 6 se recogen algunas industrias NORM en las que comúnmente se suelen formar "scales". Se indica adicionalmente el tipo de costra que se forma en cada una de ellas (radionucleido mayoritario) y el rango de concentraciones de actividad típicas de encontrar tras su análisis radiométrico. Estas costras o "scales" pueden tomar en algunos casos unas dimensiones y/o grosores que obturen el flujo de materia en tuberías y/o sistemas de filtración, haciendo imprescindible la realización de labores de mantenimiento y limpieza para su eliminación. Ello implica la posibilidad de que los trabajadores



Figura 2. Costras o "scales" adheridas a una tubería en una industria NORM paradigmática: la dedicada a la extracción de petróleo. Dichas "scales" se encuentran fundamentalmente enriquecidas en ^{226}Ra y ^{228}Ra .



Industria NORM	Radionucleido en mayor concentración	Concentraciones de actividad (Bq/g)
Petróleo	^{226}Ra	0.1 – 15000
Producción de TiO_2	^{226}Ra , ^{228}Ra	<1 – 1600
Producción de P_2O_5	^{226}Ra	<1- 2000
Fundición de Hierro	^{210}Pb , ^{210}Po	Hasta 200
Central térmica carbón	^{210}Pb , ^{210}Po	Hasta 200

Tabla 6. Costras o "scales" generados en diversas industrias NORM, con indicación del radionucleido mayoritario y el rango de concentraciones de actividad que se pueden encontrar en ellas.

Industria NORM	Radionucleido en mayor concentración	Concentraciones de actividad (Bq/g)
Petróleo	^{226}Ra	Hasta 800
Fundición de hierro	^{210}Pb	10 - 100
Producción de P_2O_5	^{238}U , ^{226}Ra	Hasta 10

Tabla 7. Lodos ("sludges") generados en diversas industrias NORM, con indicación del radionucleido mayoritario y los niveles de concentración de actividad que se pueden encontrar en ellas.

realizando esas labores de mantenimiento reciban unas exposiciones que no puedan ser consideradas como despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica, cobrando en este caso especial importancia la vía de inhalación, como vía de incorporación de radionucleidos por los trabajadores. En definitiva, en algunas industrias, dependiendo de los niveles de actividad presentes en estos residuos, puede que sea necesario adoptar medidas de vigilancia o protección radiológica que afecten a los trabajadores encargados del mantenimiento de las instalaciones y de la gestión de estos residuos.

Finalmente indicaremos que otro tipo de residuo generado a pequeña escala en algunas industrias NORM, es el que genéricamente se denomina lodo o fango (del término "sludge" en inglés). Este residuo se corresponde con material sólido muy fino, y con gran afinidad a radionucleidos, que suele pasar etapas de filtración en las industrias NORM en las que se generan acompañando a fracciones líquidas, pero que decanta (o se hace decantar) en depósitos donde los líquidos permanecen largos intervalos de tiempo. Estos fangos o

lodos se producen por ejemplo en la industria de extracción del petróleo, en el almacenamiento del crudo antes de su procesado y refinado (ver figura 3), y en la industria de producción de ácido fosfórico.

En la tabla 7, se recopilan algunas de las industrias NORM en la que se generan lodos o fangos enriquecidos en radionucleidos naturales. Para cada industria se indica adicionalmente el radionucleido mayoritario presente en esos lodos y los niveles de concentración de actividad que pueden encontrarse asociados.

Esos lodos, tienen que ser eliminados periódicamente de los sistemas de producción en los que se generan a través de labores de mantenimiento y durante esas labores puede que los trabajadores encargados de su realización reciban unas exposiciones que no puedan ser consideradas como despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica, aunque en este caso hay que reseñar que la vía de inhalación, como vía de incorporación de radionucleidos por los trabajadores no juega potencialmente un papel dominante pues estos lodos se retiran de los depósitos en los que se acumulan húmedos y en esa forma se transportan hasta su almacenamiento definitivo o, en algunos casos, hasta su "eliminación".

En algunos procesos industriales, los lodos generados en el proceso, además de estar enriquecidos en algunos radionucleidos naturales, presentan elevadas concentraciones del producto final que se pretende obtener. Es el caso por ejemplo, de los lodos generados en el proceso de producción de ácido fosfórico, concretamente en la etapa de almacenamiento de este ácido tras su formación mediante el ataque de roca fosfática con ácido sulfúrico y tras su separación del fosfoyeso generado como sub-producto. Estos lodos, que pueden contener concentraciones de ^{238}U , ^{234}U y ^{226}Ra de más de 5 Bq/g (Bolívar et al., 2009) están muy enriquecidos también en fósforo, por lo que su "eliminación" se produce



Figura 3. Cubeta de lodos obtenidos tras el purgado de un depósito dedicado al almacenamiento de crudo de petróleo, justo tras su extracción en una plataforma marina y la separación de su contenido en agua.

reciclándolos en el proceso a través de su introducción en la zona de reacción, conjuntamente con la roca fosfática, para ser atacados de nuevo con ácido sulfúrico (es de reseñar que en un balance másico, la cantidad de lodos generados en la producción de ácido fosfórico, representa una fracción mínima, casi imperceptible en comparación con la cantidad de roca fosfática tratada como materia prima).

Por otra parte, la formación de costras en el equipamiento de algunas industrias NORM, así como la presencia de lodos en el interior de depósitos, en ambos casos con concentraciones muy elevadas en algunos radionucleidos naturales, trae consigo que en la elaboración de un mapa de exposición a la irradiación externa en el interior de esas plantas se refleje la localización donde estas costras y fangos se han formado o acumulado. Ese mapa no experimenta además variaciones apreciables si la planta o industria no se encuentra en funcionamiento, poniendo de manifiesto la existencia de una contaminación radiactiva permanente en las instalaciones. Esta contaminación tiene que ser muy tenida en cuenta para la distribución de carga de trabajo a los operarios durante el funcionamiento normal de las industrias afectadas, y particularmente en las labores de desmantelamiento de estas industrias, cuando lleguen al final de su vida operativa, pudiendo ser necesario en algunas de ellas establecer medidas de vigilancia frente a las radiaciones o, incluso medidas de protección radiológica durante las labores de desmantelamiento. En este sentido, basta indicar que en la industria de reciclado de metales de nuestro país, aproximadamente el 50% de las alarmas por presencia de radiactividad en tuberías y equipos metálicos es ocasionado por la presencia de material NORM incrustado o depositado sobre el material a reciclar (Rodríguez, 2008).

Como punto final, es imprescindible indicar que las industrias NORM afectadas por la presencia de residuos a pequeña escala pero con concentraciones de actividad bastante elevadas tienen que tener un protocolo de gestión de éstos bien definido y aprobado y verificado por las autoridades competentes. En muchos casos, la cantidad generada de este tipo de residuos es irrisoria frente a la cantidad de material involucrada en el proceso industrial (una planta dedicada a la extracción de petróleo puede generar no más de 1 kilogramo de "scales" altamente enriquecidas en isótopos de radio, por ejemplo) pero su manipulación y gestión tiene que seguir unos cauces y una normativa bien definida, para minimizar su impacto radiológico.

CONCLUSIONES

El estudio y evaluación realizado por los autores de este trabajo, han permitido llegar a las siguientes tres conclusiones, que reflejan únicamente su opinión personal con base en su experiencia en el estudio del impacto radiológico ocupacional de diversas industrias NORM, durante los últimos 10-15 años. Estas conclusiones son:

- a) Con base en la experiencia existente, se puede afirmar que únicamente en casos particulares puede ser necesario la adopción de medidas de protección radiológica en industrias NORM dedicadas al procesado de minerales o materias primas.
- b) Estas medidas de protección radiológica en la mayoría de los casos estarán ligadas a la gestión de inatacados, scales, lodos y material particulado recogido en sistemas de filtración, y, fundamentalmente, a las labores de mantenimiento para retirar estos residuos del proceso de producción, y
- c) Los equipos, depósitos, válvulas y tuberías de este tipo de industrias pueden presentar una contaminación radiactiva no despreciable adherida a sus superficies internas. Sus implicaciones en el mapa de exposiciones por irradiación externa en el interior de estas fábricas, y en el posible desmantelamiento de éstas tras finalizar su vida útil necesitan ser evaluadas convenientemente.

NOTA DE LOS AUTORES

Los valores de concentración de actividad y de dosis efectivas incluidas en las diversas tablas de este trabajo, han sido tomadas mayoritariamente de diversas publicaciones del OIEA (fundamentalmente del IAEA Safety Reports Series 49) o han sido determinados por los autores en el marco de sus trabajos de investigación.

BIBLIOGRAFIA

- (Bolívar et al., 1996) J.P. Bolívar, R. García-Tenorio y M. García-León
"On the fractionation of natural radioactivity in the production of phosphoric acid by the wet acid method"
Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Letters 214 (1996) 77-88.
- (Bolívar et al., 2008a) J.P. Bolívar y R. García-Tenorio
"External occupational exposures in some NORM industries located at the South-West of Spain"
8th International Symposium on Natural Radiation Environment (NRE-VIII), Buzios, Brasil. AIP Conference Proceedings 1034 (2008) 364-367.
- (Bolívar et al., 2008b)
J. P. Bolívar, R. García-Tenorio y J.L. Martín-Matarranz
"Evaluación radiológica del apilamiento de fosfoyesos en las marismas del Tinto (Huelva)"
Alfa-Revista de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica 1 (2008) 39-45
- (Bolívar et al., 2009)
J.P. Bolívar, J.P. Pérez-Moreno, J.L. Más, J.E. Martín, E. G. San Miguel y R. García-Tenorio
"External radiation assessment in a wet acid phosphoric acid plant"
Applied Radiation and Isotopes 67 (2009) 1930-1938
- (IAEA, 2006)
"Assessing the Need for Radiation Protection Measurements in Works involving Minerals and Raw Materials"
IAEA Safety Reports Series n° 49 (2006)
- (Rodríguez, 2008) A. Rodríguez
"Radiological control of metal scrap: the Spanish Protocol"
Naturally Occurring Radioactive Material Symposium (NORM V).
IAEA Proceedings Series (2008) 327-337

Deteccción de lesiones tumorales en fosa posterior en imágenes de Tomografía Computarizada cerebral para diversas condiciones de adquisición: un enfoque preliminar

M. Pérez⁽¹⁾, A.E. Carvalho-Filho⁽²⁾, H.J. Khoury⁽²⁾, M.C. Casas⁽¹⁾, M.E. Andrade⁽²⁾ y J.E. Paz⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información.
Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba

⁽²⁾ Dpto. Energía Nuclear. Universidad Federal de Pernambuco. Recife. Brasil

RESUMEN

Se realiza un estudio sobre 13 imágenes tomográficas de un maniquí antropomórfico de cráneo con pequeñas lesiones en fosa posterior. Se varió la corriente de tubo (I [mA]), espesor del corte (T [mm]) y colimación (C [mm]), para encontrar las mejores condiciones de adquisición que permitan adecuada detectabilidad de lesiones con aplicación de menores dosis. Se midió la Kerma-Aire en aire [mGy] con cámara de ionización y se calculó el índice de kerma-Aire en aire ($C_{g,100}$ [mGy]).

Se estudió la calidad de imagen por criterio experto y a partir de figuras de mérito, 2 globales: relación contraste ruido (RCR [dB]) y relación señal ruido (RSR) y 4 medidas relativas a la condición de referencia a máxima dosis: ganancia en la relación señal ruido (SNR [dB]), relación señal ruido máxima (PSNR [dB]), error cuadrático medio normalizado (NMSE) e índice de similitud estructural (SSIM). Se correlacionan resultados objetivos y subjetivos.

Se demuestra que es posible reducir las dosis reduciendo el mAs sin que se afecte la detectabilidad de lesiones, con resultados buenos de calidad de imagen para el tomógrafo empleado. Se propone un protocolo de adquisición optimizado para la tecnología utilizada.

ABSTRACT

The present work performs a study over 13 tomographic images, using an anthropomorphic head phantom. It contains small lesions in the posterior fossa. Tube current (I [mA]), slice thickness (E [mm]) and collimation (C [mm]), were the parameters changed among studies, looking for the best acquisition conditions, which permit good lesion detectability, and applying the lowest dose. Air Kerma in air [mGy] was measured with an ionization chamber and air kerma index [mGy] was calculated.

Image quality was analyzed by both expert criterion and some merit figures. Two of them were global: contrast to noise ratio (RCR [dB]) and signal to noise ratio (RSR). The rest of the measures used were relatives to the maximum dose condition: The gain in signal to noise ratio (SNR [dB]) and the maximum signal to noise ratio (PSNR [dB]), the normalized mean squared error (NMSE) and the structural similarity index (SSIM). Objective and subjective results were correlated.

It is shown that it is possible to reduce the dose using lower values of mAs without affecting lesion detectability and keeping good image quality for the scanner used. An optimized protocol is also proposed for the technology used.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los tumores en la fosa posterior son tumores primarios que se originan en el cerebro [1]. Las técnicas empleadas por excelencia para su detección son la Resonancia Magnética (RM) y la Tomografía Computarizada (TC). Aunque se ha demostrado la superioridad de la primera para estos fines, la TC cerebral es también muy empleada, tanto para pacientes adultos como pediátricos [2], de ahí la importancia de garantizar una buena calidad diagnóstica para la tecnología disponible con el menor riesgo radiológico posible al paciente [3].

Se ha demostrado que la TC de cráneo, dependiendo del tipo y tamaño del tumor en fosa posterior, puede presentar problemas de detectabilidad para la mayoría de los escáneres,

cuando las condiciones de adquisición y procesamiento no son las más adecuadas; específicamente por artefactos que aparecen sobre estas imágenes [4-6].

Por otra parte, tanto la exposición a la radiación como la calidad de imagen posible de obtener dependen del tipo de scanner, la técnica de imagen utilizada helicoidal o axial, el modo de adquisición monocorte o multicorte y los parámetros de adquisición utilizados, a saber: corriente de tubo, tiempo de adquisición por vista, energía del espectro, espesor de corte, número de cortes, colimación y pitch (para la adquisición helicoidal) [6,7].

En el presente trabajo se indaga por la elección de un protocolo de adquisición adecuado para un tomógrafo de 6 cortes, en modo de adquisición axial, para la detección de

pequeñas lesiones tumorales en fosa posterior, que garantice a la vez buena calidad de imagen para diagnóstico y la aplicación de la menor dosis posible al paciente.

MATERIALES Y MÉTODO

Se realizaron 13 adquisiciones axiales utilizando un tomógrafo PHILIPS Brilliance 6, del cráneo de un maniquí antropomórfico OPRAXMedical, del año 2008 (figura 1), [8] el cual presenta pequeñas estructuras que simulan tumores en la zona de fosa posterior. Los parámetros de adquisición aparecen reportados en la tabla 1.

Para realizar las medidas dosimétricas, se utilizó una cámara de ionización PTW, modelo TW 30009, acoplada a un electrómetro PTW UNIDOS E, modelo T 10009. La misma fue posicionada durante la segunda parte del experimento, en lugar del maniquí, en el campo de radiación. Se utilizó para esto el sistema de posicionamiento láser del tomógrafo, garantizándose que se midiera Kerma-Aire en aire en la posición correspondiente a la entrada del maniquí (figura 2). Se volvieron a utilizar en cada caso para cada una de las mediciones, las combinaciones de parámetros reportadas en la tabla 1, que fueron previamente utilizadas en la primera etapa del experimento, durante la adquisición de las TC al maniquí.

Se calculó el Índice de Kerma-Aire en aire ([mGy]) en TC [9] utilizando la siguiente ecuación

$$C_{a,100} = \frac{1}{n \cdot T} \int_{-50}^{+50} K_a(z) dz = \frac{P_{KL,ar}}{n \cdot T} \quad (1)$$

donde: n, T representa la colimación total del haz utilizada y $\int_{-50}^{+50} ()$ es la integral de la Kerma-Aire en aire a lo largo de una línea paralela al eje z (de rotación del tomógrafo) con 100 mm de longitud.

Para analizar la calidad de las imágenes se seleccionaron todos los cortes correspondientes a fosa posterior de cada una de las 13 tomografías. En total se utilizaron entre 3 y 5 cortes por estudio para cada valor de mAs. Los mismos fueron mostrados aleatoriamente a un observador experto para su evaluación subjetiva, utilizando una escala de cuatro posibles valores: Pobre, Regular, Buena y Excelente. Se mantuvieron constantes las condiciones de visualización de las imágenes y previamente las de reconstrucción de todas las tomografías. Se calcularon también 6 medidas objetivas de calidad de imagen, sobre todos los cortes seleccionados de las 13 tomografías. De dichas medidas 2 fueron absolutas: la relación contraste ruido (RCR [dB]) y la Relación señal ruido (RSR) y 4 medidas relativas a la condición de referencia, lo cual se corresponde con máxima dosis. Estas fueron: la ganancia en la relación señal ruido (SNR [dB]), la relación señal ruido máxima (PSNR [dB]), el error cuadrático medio normalizado (NMSE) y el índice de similitud estructural (SSIM). La forma de cálculo de las mismas se expresa en las siguientes ecuaciones [10].

Kilovoltaje pico (Volt)	Tiempo de adquisición efectivo t (s)	Campo de visión FOV (mm)	Corriente de tubo por tiempo de adquisición mAs	Colimación n x T (mm)*	Longitud de barrido (mm)
120	1.167	250	100	6 x 1.50	126.02
				4 x 4.50	126.04
			150	6 x 0.75	130.51
				6 x 1.50	135.02
			200	4 x 4.50	144.04
				6 x 0.75	148.51
			250	6 x 1.50	153.02
				6 x 0.75	157.02
			300	6 x 1.50	135.02
				6 x 0.75	130.51
			350	6 x 1.50	135.02
				6 x 0.75	130.51

* n: número de cortes en una rotación, T: espesor de corte. La condición 350 mAs y 6 x 1.50 mm de colimación, fue tomada como referencia para medidas relativas de calidad de imagen.

Tabla 1. Parámetros de adquisición.

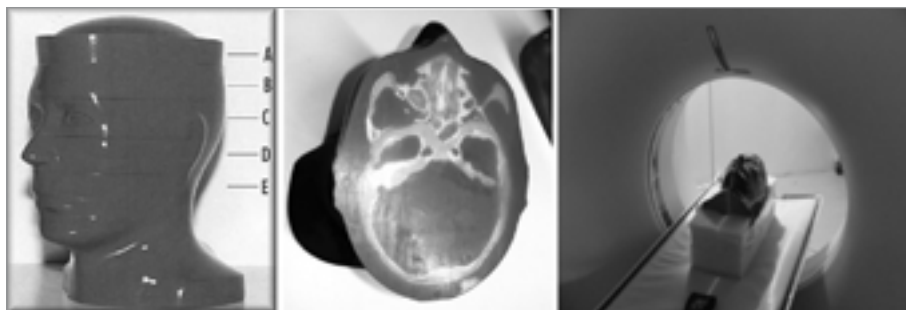
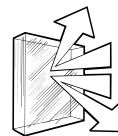


Figura 1. a) Maniquí, b) Zona de fosa posterior con estructuras que simulan lesiones en el maniquí, c) maniquí posicionado en el tomógrafo.

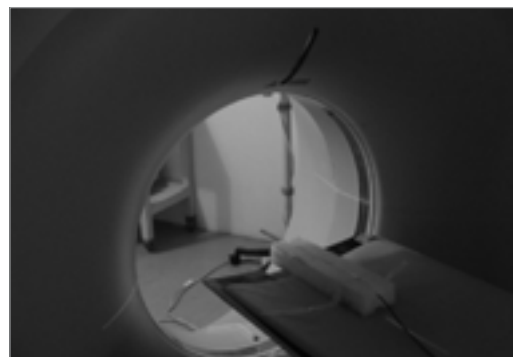


Figura 2. Medidas dosimétricas con cámara de ionización.

Relación señal a ruido (global).

$$RSR = \frac{S_{rms}}{N_{rms}} \quad (2)$$

donde S_{rms} y N_{rms} son la raíz media cuadrática de la señal y el ruido respectivamente en regiones de interés de 30×30 píxeles centradas en fosa posterior en similar posición para todos los cortes seleccionados.

La relación contraste ruido:

$$RCR[dB] = 10 \cdot \log_{10}(x_d / \sigma_x), \quad (3)$$

donde x_d representa la diferencia de intensidades entre dos regiones de interés de 30×30 píxeles con contraste diferenciado en fosa posterior y σ_x es la desviación típica de una región de fondo.

El error cuadrático medio normalizado:

$$NMSE = \frac{\sum_i^M \sum_j^N (X_{orig}(i,j) - X_{rec}(i,j))^2}{\sum_i^M \sum_j^N (X_{orig}(i,j))^2} \quad (4)$$

donde X_{orig} y X_{rec} son los valores de intensidad de cada pixel de la imagen de referencia y la comparada respectivamente.

La relación señal a ruido máxima:

$$PSNR[dB] = 10 \cdot \log_{10}(MAX_p^2 / MSE) \quad (5)$$

donde $MAX_p = (2^B - 1)$ siendo B la profundidad de bits por píxel de la imagen:

La ganancia en la relación señal a ruido:

$$SNR [dB] = 10 \cdot \log_{10}(1/NMSE) \quad (6)$$

Y el índice de similitud estructural:

$$SSIM(x,y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (7)$$

donde μ_x y μ_y son los valores medios de intensidad de cada pixel de los cortes seleccionados en fosa posterior para la tomografía de referencia y los de la comparada respectivamente (para cada variación de mAs y espesor de corte),

utilizados para calcular la función de luminancia; y σ_x y σ_y son las desviaciones típicas de intensidad en las regiones de interés seleccionadas en fosa para los cortes correspondientes entre ambas tomografías (referencia y comparada), utilizadas para calcular la función de Contraste. Por último σ_{xy} es la covarianza entre regiones de interés en fosa para cortes correspondientes de ambas tomografías, utilizada para calcular la función de estructura [11].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra resultados del comportamiento general de la medida dosimétrica y las de calidad de imagen. En general, el ruido aleatorio fue el único parámetro físicamente sensible al cambio de las condiciones de adquisición, como se traduce de las medidas que lo representan, y en menor medida la resolución espacial asociada a cambios en la colimación de los estudios.

A continuación se grafican las magnitudes que mejor expresan la relación entre la Calidad de imagen y la Dosis en nuestro experimento.

La PSNR [dB] y la SNR [dB], muestran respectivamente, un incremento lineal con el incremento del mAs, aunque se debe de observar que la ganancia en la relación señal a ruido entre 250 y 350 mA por segundo fue solamente de 0.006 dB, mientras que en la relación señal ruido relativa fue de 0.4 dB para esos mismos valores de mAs.

Las relaciones señal a ruido absoluta (RSR) para ambas colimaciones muestran, tendencias ajustadas a polinomios de segundo orden. Es interesante notar que las diferencias en el ajuste responden a la influencia del espesor de corte elegido para el estudio. Mientras mas fino es el corte mayor ruido se introduce en él y mayores son las desviaciones de los datos respecto a la tendencia cuadrática general. Esto por su parte se traduce sobre las imágenes en un incremento del nivel de ruido aleatorio en colimación 6×0.75 mm con respecto a 6×1.50 mm, que es suficiente que, para bajos valores de mAs (por debajo de 250), no permite apreciar la mejoría en resolución espacial asociada al uso de un espesor de corte

Kilovoltaje	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio ± Desviación típica
NMSE	0.01	0.16	0.08 ± 0.05
SNR [dB]	18.34	45.00	28.59 ± 10.59
PSNR [dB]	0.10	1.36	0.46 ± 0.50
SSIM	0.89	1.00	0.94 ± 0.04
RSR	4.15	8.64	5.53 ± 1.45
RCR [dB]	1.51	1.83	1.62 ± 0.10
$C_{o,100}$ [mGy]	17.74	89.10	50.10 ± 23.00

Tabla II: Estadísticos descriptivos del comportamiento de la calidad de la imagen y las dosis según sus medidas representativas.

más fino, que contribuya a una detección más precisa de las lesiones como se aprecia en la figura 4.

La RCR [dB] fue prácticamente independiente del mAs en este experimento, como se observa en la figura 3e).

Del análisis de los estadísticos descriptivos puede apreciarse que en lo que las dosis aumentan 4 veces con el incremento de la corriente de tubo, la calidad de la imagen, en función de la RSR global por ejemplo, solo alcanza a dupli-

carse para ambos valores de colimación. Un comportamiento semejante puede observarse a partir de SNR [dB] y PSNR [dB]. (Esta última se muestra gráficamente en 3f)).

Otros indicativos de calidad de imagen como el Contraste Imagen o la Similitud estructural, se comportaron casi independientes del incremento de la dosis con el aumento del mAs, mas en correspondencia con la utilización de un solo valor de KVP y por ende una no modificación del espectro

energético de adquisición entre los diferentes estudios. En esencia, la disminución en los niveles de ruido con el incremento del mAs para el rango estudiado, no se tradujo en un incremento sensible en la relación contraste a ruido en el experimento realizado, o al menos, las medidas no fueron sensibles al cambio de condiciones.

Es particularmente importante observar que el comportamiento de las dosis resultó muy dependiente de la colimación. Así, aunque en la tabla 1 mostramos el comportamiento global de $C_{o,100}$ [mGy], si analizamos este por separado para colimación de 6 x 0.75 mm en comparación con 6 x 1.50 mm, veremos que en el primer caso tenemos un mínimo de 38.62 mGy y un máximo de 89.10 mGy con media 64.58 ± 20.18 mGy, mientras que en el segundo, para el mismo incremento de mAs, el valor mínimo es de 32.17 mGy, el máximo es de 75.33 mGy y la media 52.83 ± 16.96 mGy, por lo que resaltamos que este elemento es muy importante a la hora de adoptar un criterio de optimización, dependiendo del objetivo

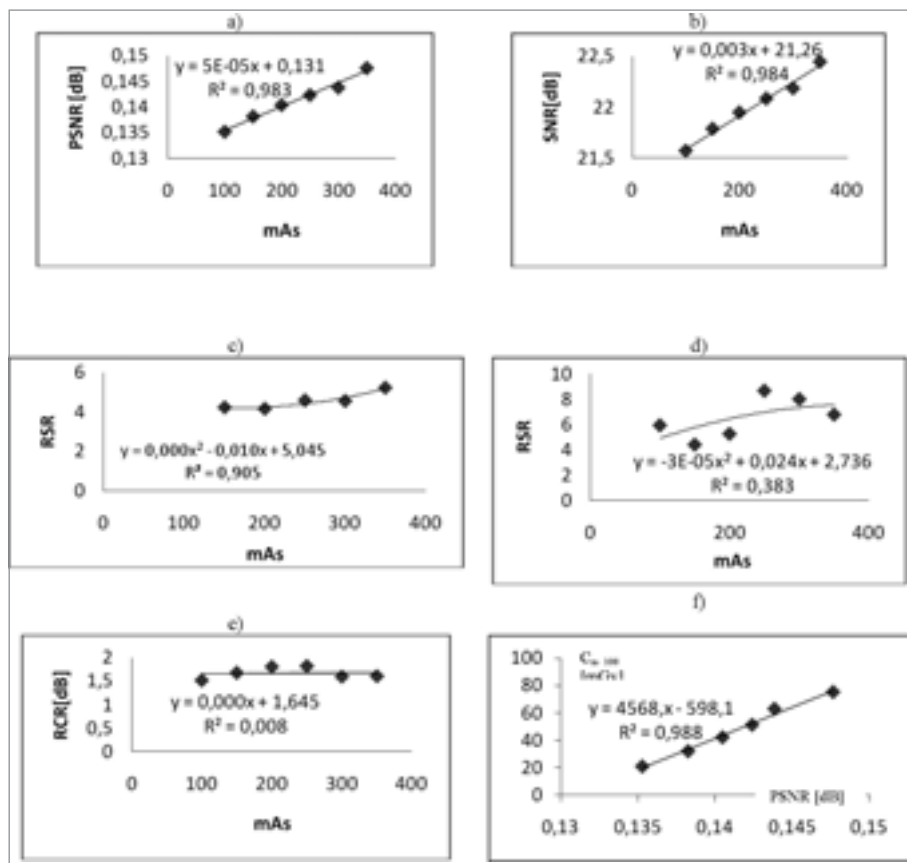


Fig. 3 a) Ganancia en la relación señal a ruido máxima vs. mAs para colimación 6x1.5 mm, b) relación señal ruido relativa vs. mAs para colimación 6x1.5 mm, c) relación señal a ruido global vs. mAs para colimación 6x1.5, d) relación señal a ruido global vs. mAs para colimación 6x0.75 mm e) relación contraste a ruido vs. mAs para colimación 6x1.5 mm y f) Dosis vs. Calidad de Imagen para colimación 6x1.5 mm.

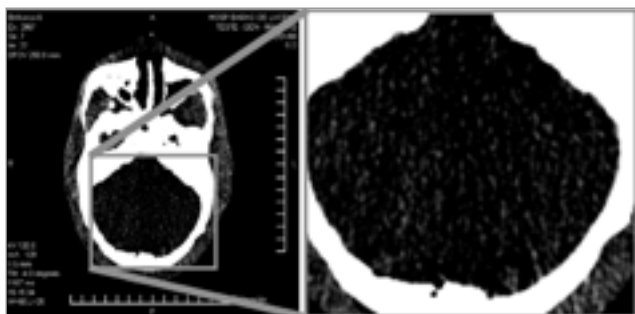
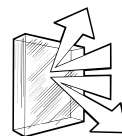


Figura 4. Corte situado en fosa posterior con muy baja detectabilidad de lesiones y alto nivel de ruido aleatorio.

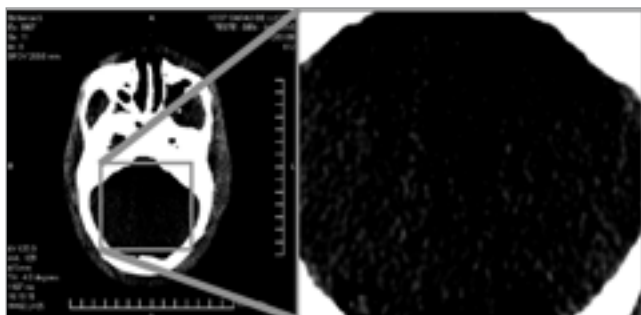


Figura 5. Corte adquirido bajo la colimación 4 x 4.50 mm donde no se observan las lesiones.

del estudio y la zona de interés clínico de evaluación. En este experimento específicamente, el incremento de la dosis por corte con la disminución del espesor del mismo, no ha aumentado significativamente el número de detalles posibles de ser detectados entre ambos valores de colimación, ni se aprecia una mejoría sensible en la determinación de bordes y estructuras. Por el contrario, el incremento del ruido con la disminución del espesor lo ha afectado en todos los casos, siendo el parámetro que más pesa en este caso para la calidad de imagen obtenida, lo cual alcanza a ser notable para valores por debajo de 250 mA por segundo.

En el caso de los estudios con colimación 4 x 4.50 mm, ciertamente la dosis por corte se reduce y el ruido aleatorio también, pero es notable la pérdida de detalles de bordes sobre las imágenes, lo cual, para bajos valores de mAs, tampoco permite detectar correctamente las lesiones en este experimento (figura 5). Estas también fueron las imágenes con peores valores en la evaluación subjetiva realizada por el experto (Todas evaluadas de Regular o Pobre).

De la literatura consultada observamos que es común la utilización de cortes más finos en fosa posterior en comparación con el resto del cráneo, con el objetivo de reducir la presencia de artefactos [4-6] y mejorar con ello la detectabilidad de las lesiones; sin embargo, este tipo de solución implica por lo general aumentar la corriente de tubo para reducir el ruido sobre la imagen, lo que al final conduce necesariamente a incrementar la dosis al paciente. De aquí se

deduce la necesidad de incluir este elemento en la estrategia de optimización, en dependencia del objetivo del estudio y de los intereses del clínico que solicita y evalúa el examen.

Otro elemento importante a incluir en el criterio de optimización es el hecho de adquirir cortes contiguos para no disminuir la detectabilidad de lesiones [6,12], donde el incremento sea igual al espesor del corte o a la colimación, para el caso de la adquisición multicortes, aunque después, durante la reconstrucción, y en dependencia del criterio del especialista que solicita el examen y el objetivo del mismo, puedan utilizarse espesores de reconstrucción mayores. Tal fue el caso de este experimento.

La evaluación subjetiva del experto mostró correlación lineal con el mAs ($r=0.635$, $p=0.02$) y con la dosis ($r=0.648$, $p=0.017$). Sin embargo, de las medidas objetivas de calidad de imagen, la que expresó una mejor correlación lineal con la evaluación subjetiva realizada por el experto fue PSNR [dB], con un coeficiente de Pearson ($r=0.403$, $p=0.172$). Esto se corresponde con estudios realizados sobre el tema por Avcibas y cols. [13] quienes detectaron que no existe fuerte correlación lineal entre el Sistema Visual Humano y muchas de las figuras de mérito que han sido diseñadas, publicadas y aceptadas hasta el presente para describir matemáticamente la calidad de imagen en diversas técnicas.

A partir de 250 mAs no se observaron mejoras significativas en las relaciones señal a ruido global y relativa, ni en la ganancia de la relación señal a ruido ($p>0.05$ en todos los casos), permaneciendo además, constantes la similitud estructural y el contraste imagen. Sin embargo, en la evaluación subjetiva que realiza el experto, aunque para el valor de 250 mAs se detectan correctamente las lesiones tanto para colimación 6 x 0.75 mm como para 6 x 1.50 mm, no es hasta 300 mAs que el experto da una evaluación de Excelente a la calidad de imagen, independientemente de la colimación utilizada. Para 250 mAs la evaluación fue Buena.

En síntesis, del experimento realizado se obtuvo que no es necesaria la aplicación de 350 mAs o mayor, para tener buena calidad de imagen diagnóstica desde el punto de vista de la estadística de conteo, en imágenes de fosa posterior, para la detección de patologías cuyo patrón de imagen sea semejante al descrito a través de la utilización de este maniquí. No obstante, este resultado debe ser corroborado a partir de suficiente data clínica real de estudios con pacientes. La aplicación de 350 mAs o mayor, es de uso común con la tecnología de imagen utilizada a nivel mundial en la actualidad [12, 14, 15].

En nuestro trabajo, para 300 mAs, la calidad de imagen obtenida fue aproximadamente igual a la obtenida con 250 mAs desde el punto de vista objetivo (criterio de las medidas matemáticas), mientras que se reduce sustancialmente la dosis aplicada en el primer caso. La utilización de una

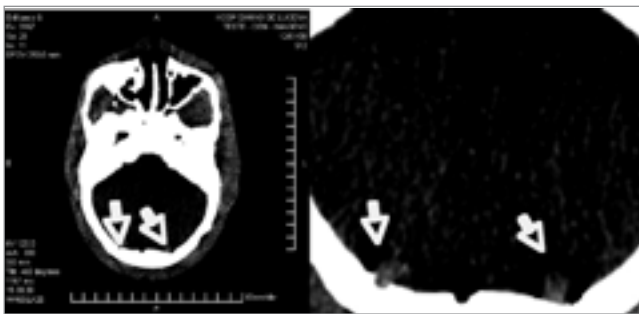


Figura 6. Imagen con bajos niveles de ruido donde se aprecian las lesiones.

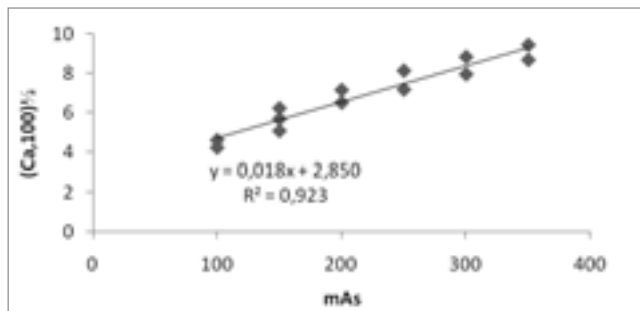


Figura 7. Relación entre el producto Corriente de tubo por Tiempo de rotación por corte y la raíz cuadrada de la Dosis.

colimación de 6 x 1.50 mm permitió además, a partir de 250 mAs, detallar bien los bordes de las lesiones con menor influencia de los niveles de ruido aleatorio en la detección (Ver figura 6).

De la revisión bibliográfica realizada podemos notar que hay variaciones muy grandes en el mAs utilizado entre los diferentes países [6,12]. En un estudio de revisión del tema Hatzouannou y cols. muestran cómo el rango de variación en la TC de cráneo es muy elevado, entre 200 y 600 mAs; incluso, dentro de un mismo país existen grandes variaciones entre instituciones que tienen iguales modelos de tomógrafos [16]. Otros estudios muestran rangos entre 215 y 390 mAs [12] y entre 160 y 332 mAs [17] para diversas tecnologías de adquisición. Este comportamiento conduce a que las variaciones en las dosis aplicadas en exámenes de TC de cráneo sean consecuentemente muy grandes, con independencia de la tecnología utilizada [6, 12,14,15,17-20]. En general el mAs determina la dosis recibida en muy alta medida. La figura 7 muestra cómo en nuestro experimento el mAs se comporta en proporcionalidad lineal directa con la raíz cuadrada de la dosis, representada en este caso por la magnitud $Ca,100$ [mGy].

Debemos señalar que en el experimento realizado se observaron artefactos para las combinaciones de protocolos propuestos, presumiblemente debidos a endurecimiento del haz y efectos de volumen parcial [4]. Sin embargo, estos fueron básicamente observados en cortes ubicados en la base del cráneo, fuera del área de interés del experimento.

Se debe resaltar que en las últimas décadas se ha incrementado la frecuencia de exámenes de TC en el mundo entre un 10 y un 15 % [3, 14]. Esto se debe a las incuestionables mejoras en el diagnóstico de diversas patologías que ha ocurrido con el incremento en la calidad de imagen logrado a través de las mejoras tecnológicas introducidas [6, 21]. Aunque esta técnica abarca solamente entre un 5 y un 10 % del total de exámenes por rayos X realizados a nivel mundial, aporta entre un 40 y un 50 % a la dosis efectiva colectiva [18,20], llegando a ser superiores en algunos países [3]. Las mejoras tecnológicas introducidas en la TC desde 1972 a la actualidad, no han estimulado, sin embargo, una reducción en la dosis efectiva; por el contrario, esta continúa en ascenso [14,15,18-20], al parecer debido a la tendencia extendida de utilizar altos valores de mAs y de incrementar el área irradiada (en la TC helicoidal). En medio de tal comportamiento, parece resultar de interés científico demostrar la importancia social de implementar protocolos de adquisición-reconstrucción donde se optimice la relación Calidad de imagen-Dosis, en aras de mejorar la protección radiológica del paciente. Esto es de especial relevancia en el caso de los estudios pediátricos. Algunos pasos han sido dados ya en este sentido [6- 16, 21-27]. El presente trabajo ha presentado un resultado preliminar enfocado hacia el mismo objetivo de trabajo.

CONCLUSIONES

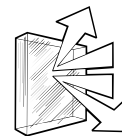
Para el tomógrafo Philips Brilliance 6 utilizado en el experimento, resultó suficiente la aplicación de 250 mAs bajo una colimación de 6 cortes de 1.50 mm por rotación, para posibilitar la detección de lesiones en fosa posterior cerebral del maniquí OPRAX Medical 2008, con buena calidad de imagen diagnóstica. Con la utilización de este protocolo, el estimado de la dosis a partir de la magnitud Kerma-Aire en aire se reduce, del valor usual de 89.10 mGy que se obtiene en la institución monitoreada para sus condiciones de referencia a 51.34 mGy.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto CAPES-MES 44/08 por facilitar el desarrollo de esta investigación cooperada y al Prof. Alberto Taboada Crispí, DrC., por su colaboración en el experimento perceptual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Kenneth W. Tumores en fosa posterior en pediatría. <http://www.telmeds.net>.
- [2] Bongartz G., Golding S., Jurik A. European Guidelines for Multi Slice Computed tomography. European Commission, 2004. http://www.msct.eu/ct_Quality-Criteria.htm/
- [3] International Commission on Radiological Protection. Managing patient dose in computed tomography. Publication 87, Ann ICRP, 2001.
- [4] Barret J., Keat N. Artifacts in CT: Recognition and Avoidance. *Radiographics* 24: 1679-91; 2004.



- [5] Putman C., Ravin C. Textbook of Diagnostic Imaging Vol 1, 2nd ed. Philadelphia W-B Saunders Co: pp 1023; 1994.
- [6] McCollough C., Michael R., James M. CT Dose Reduction and Dose Management Tools: Overview of Available Options. *Radiographics* 26: 503-512, 2006.
- [7] Miller R.C., Pérez M., Mora Y. Modelo predictivo de Ruido y Dosis: una aproximación para aplicaciones pediátricas en Tomografía Computarizada. *IEAC XXVIII* (1): 33-7; 2007.
- [8] OPRAXMEDICAL <http://www.pnwx.com/Accessories/Phantoms/CT/RSD/Head/>
- [9] International Commission on Radiation Units. Patient Dosimetry of X Rays used in Medical Imaging, Publicación 74 ICRU, 2005
- [10] Eskicioglu A. Image quality Measures and their performance. *IEEE Transaction on Communications*, 43 (12): 2959-65; 1995.
- [11] Wang Z. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4): 600-12; 2004.
- [12] Calzado A., Rodriguez R., Muñoz A: Quality criteria implementation for brain and lumbar spine CT examinations. *Br. Journal of Radiology* 73: 384-95; 2000.
- [13] Avcibas I., Sankur B., Sayood K. Statistical evaluation of image quality measures. *Journal of Electronic Imaging* 11 (2): 206-23; 2002.
- [14] Brenner D., Hall E. Computed Tomography: an increasing Source of Radiation exposure. *N Engl J. Med* 357: 2277-2284, 2007.
- [15] Huda W., Kent M. Comparison of head and body organs doses in CT. *Phys Med Biol* 53: N9-N14, 2008.
- [16] Hatzivouriannou E., Papanastasiou E., Delichas M. A contribution to the establishment of diagnostic reference levels in CT. *Br. Journal of Radiology* 76: 541-5; 2003.
- [17] Brigg G., Nagel H., Stamm G. Radiation exposure in multi-slice vs. single slice CT. Results of a nationwide survey. *Eur. Radiology* 13: 1979-91; 2003.
- [18] Huda W., Chamberlain C., Rosebaum A. Radiation doses to infants and adults undergoin head CT examinations. *Med Phys* 28: 343-9; 2001.
- [19] Pages J., Buls N., Osteaux M. CT doses in children: A multi-centre study. *Br J of Radiology* 73: 803-11; 2003.
- [20] IAEA. Proceedings of the International Conference on radiological protection of patient in diagnostic and interventional radiology, nuclear medicine and radiotherapy. Malaga, 2001.
- [21] Jiang H. Recent Technological Advancements in Multi-slice CT Dose reduction. General Electric Company presentation, June 2005.
- [22] Tsapaki E., Koltou S., Papadimtrou D. Application of European Commission reference dose levels in CT examinations in Crete, Greece. *Br. Journal of Radiology* 74: 836-40; 2001.
- [23] Shrimpton P., Hillier M., Lewis M. Doses from CT examinations in the UK National Radiological Protection Board. NRPB-W67 2003 Review, Health Protection Agency, London 2005.
- [24] Shah R., Gupta A., Rehani M. et al. Effect of reduction in tube current on reader confidence in pediatric computed tomography. *Clinical Radiology* 60: 224-231, 2005.
- [25] Kalra M., Michael M., Thomas L. et al. Strategies for CT Radiation Dose optimization. *Radiology* 230 (3): 619-628, 2004.
- [26] Gosch D., Kloepel R., Lieberenz S., Schulz H. Radiation exposure in computed tomography. *Rad Prot Dosim.* 80 (1-3):167-9, 1998.
- [27] Linton OW, Mettler FA. National conference on dose reduction in computed tomography, emphasis on pediatrics. *AJR*;181:321-329, 2003.

II CONGRESO CONJUNTO

Sociedad Española de Física Médica (SEFM)
Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)

Calidad y Seguridad

Sevilla

Del 10 al 13 de mayo de 2011



Reunión trilateral MITyC, CSN y CCAA

El 29 de abril de 2010 se celebró la reunión trilateral que tiene lugar todos los años entre el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, el Consejo de Seguridad Nuclear y los representantes de las distintas administraciones autonómicas que tienen transferidas las competencias en materia de instalaciones radiactivas. La convocatoria es realizada por el ministerio y la reunión se celebró en su sede.

En la reunión, en primer lugar, por parte del CSN y el ministerio, se trataron los temas relativos a legislación, en concreto:

- Se hizo una relación de las anomalías observadas en la aplicación del Real Decreto 1085/2009 (Reglamento sobre Instalaciones de Radiodiagnóstico Médico) por parte de los responsables de los registros autonómicos de dichas instalaciones.

- Se intentó la homogeneización de procedimientos mediante el uso correcto de los formatos incluidos en el reglamento y en otros documentos disponibles en la página web del CSN.

- Igualmente se hicieron notar algunos problemas en la aplicación de Real Decreto 1836/1999 (Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas), en cuanto a la documentación a requerir en las solicitudes de los titulares.

- Se explicó y promovió el uso de la Oficina Virtual del CSN.

- Se expusieron algunas novedades legislativas, tales como el estado de tramitación del proyecto de modificación del Real Decreto 783/2001 (Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes) para establecer criterios para la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural y el proyecto de real decreto sobre protección física de las instalaciones y materiales nucleares y radiactivos.

En segundo lugar, dos representantes de Enresa hicieron sendas exposiciones sobre los resultados finales de la campaña para la búsqueda, recuperación y gestión de fuentes huérfanas desarrollada de 2007 a 2009 y sobre los cambios habidos en el sistema de facturación en relación con la gestión de los residuos radiactivos generados en las instalaciones.

Finalmente, los representantes de las comunidades Autónomas expusieron sus dudas y dificultades prácticas sobre todos los aspectos anteriores y plantearon otros problemas a los que se intentó dar solución en la propia reunión.

Manuel Gil Gahete, CSN

Conclusiones del estudio epidemiológico realizado en los municipios próximos a las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear

El día 31 de mayo de 2010, en el salón de actos del pabellón 13 del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) tuvo lugar, por parte del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el propio ISCIII y el Ministerio de Sanidad y Política Social, la presenta-

- ción del estudio epidemiológico que ha analizado el posible impacto radiológico de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo en la salud de la población.

- El acto fue presidido por el director del ISCIII, José Jerónimo Navas, el director técnico de Protección Radiológica del CSN, Juan Carlos Lentiño, y el director general de Salud Pública y Sanidad Exterior, Ildefonso Hernández, y contó como ponentes con la participación de Lucila Ramos, subdirectora general de Protección Radiológica Ambiental del CSN y de Gonzalo López, jefe del área de Epidemiología Ambiental y Cáncer del Centro Nacional de Epidemiología del ISCIII.

- El estudio responde a una demanda social sobre el posible impacto de las instalaciones en la salud de las personas, plasmada en un encargo del Congreso de los Diputados al Gobierno en diciembre de 2005. Para ello, el ISCIII y el CSN suscribieron un acuerdo para colaborar en su realización el 18 de abril de 2006. Para garantizar el rigor y la transparencia en el proceso de elaboración del estudio, se decidió establecer la figura del Comité Consultivo de carácter independiente, al que se encomendaron las funciones del seguimiento de los trabajos para la ejecución del estudio, el asesoramiento en materias generales o específicas así como el análisis de los resultados del mismo. Los integrantes de dicho comité han sido representantes del ISCIII y del CSN, de las autoridades sanitarias de las comunidades autónomas implicadas en el estudio, de la Asociación de Municipios Afectados por Centrales Nucleares (AMAC), de las organizaciones sindicales UGT y CCOO, de colectivos de defensa de la preservación del medio ambiente (Greenpeace, Ecologistas en Acción, Adenex y Avaca), de las empresas titulares de las instalaciones incluidas en el estudio, Enresa, Enusa y Unesa y seis expertos independientes de la universidad y profesionales del campo.

- El estudio retrospectivo es de tipo ecológico de cohorte, en el que se ha analizado la posible correlación con un total de 17 tipos de cáncer (tumores sólidos+leucemias) utilizando la dosis efectiva como indicador de la exposición de la población en lugar de la distancia, en la que se basaron estudios previos. El CSN ha llevado a cabo las estimaciones de la exposición radiológica de la población, tanto de origen artificial (desde el año de puesta en marcha de las instalaciones) como de origen natural. Por su parte, el ISCIII ha realizado el análisis de la mortalidad por cáncer en los municipios incluidos en el estudio entre los años 1975 y 2003 y el de su posible relación con la exposición de la población calculada por el CSN.

- El alcance del estudio ha abarcado cerca de 1100 municipios de la geografía española, de los cuales aproximadamente la mitad corresponden a las áreas de estudio, los entornos de 30 km de radio alrededor de las instalaciones. El resto se ubican en áreas de referencia entre 50 y 100 km de distancia, así como en dos entornos representativos de los valores extremos de radiación natural en el territorio peninsular. En total, la muestra de población analizada es de 16 millones de personas-año en el área de 0 a 30 km, en el intervalo temporal desde 1975 hasta 2003.

Las principales conclusiones del estudio epidemiológico son las siguientes:

- Las dosis efectivas estimadas acumuladas que habría recibido la población de las áreas de estudio como consecuencia del funcionamiento de las instalaciones son muy reducidas, y están muy por debajo de las que con los conocimientos científicos actuales podrían relacionarse con efectos en la salud de las personas.
- No se han detectado resultados consistentes que muestren un efecto de incremento de la mortalidad por diferentes tipos de cáncer asociados a la exposición de las personas a las radiaciones ionizantes debidas al funcionamiento de las instalaciones. Se han encontrado algunas asociaciones dosis-respuesta puntuales que no han podido ser atribuidas a la exposición derivada del funcionamiento de las instalaciones.
- Tampoco se han detectado excesos estadísticamente significativos de mortalidad por cáncer debidos a la radiación natural.

En cuanto a las conclusiones del estudio y debido a la importancia del mismo las presentamos a continuación junto a un amplio resumen.

Miguel Ángel Jiménez, CSN

Resumen ejecutivo del estudio epidemiológico

Introducción y antecedentes

Haciéndose eco de una demanda social sobre el impacto de las instalaciones nucleares en la salud de las personas, el Pleno del Congreso de los Diputados, en su sesión de nueve de diciembre de 2005, aprobó una Proposición No de Ley (PNL) por la que instaba al Gobierno a realizar el estudio, considerando, entre otros, los siguientes aspectos:

- El alcance del estudio debía incluir todas las instalaciones nucleares y sus entornos próximos, analizando los posibles efectos en la salud de la población.
- El CSN debía colaborar, aportando la información necesaria para valorar la exposición a radiaciones de la población, tanto de origen artificial (instalaciones) como de origen natural.
- Se debía garantizar la independencia en la investigación y la máxima transparencia en el desarrollo de las actividades. A tal efecto se planteó la creación de un "Comité Consultivo", con la participación de las instituciones afectadas, expertos independientes, entidades ecologistas y otras partes interesadas, para realizar el seguimiento de la ejecución del estudio y el análisis de resultados.

Con objeto de realizar el estudio, el Instituto de Salud Carlos III y el Consejo de Seguridad Nuclear suscribieron un Convenio de Colaboración en abril de 2006. A partir de esta fecha se puso en marcha el estudio, cuya ejecución se ha extendido hasta finales de 2009.

El Comité Consultivo se constituyó en septiembre de 2006 con un amplio abanico de organizaciones: autoridades sanitarias de todas las Comunidades Autónomas afectadas por el alcance territorial del estudio, organizaciones sindicales, autoridades municipales, compañías propietarias de las instalaciones, organizaciones de defensa de la preservación del medio ambiente y seis expertos independientes (epidemiología, radio-

biología y protección radiológica), junto con los representantes del Instituto de Salud Carlos III y del CSN. El Comité se ha reunido en seis ocasiones para tratar los aspectos metodológicos, los resultados de las estimaciones de dosis y los datos y resultados de los análisis de mortalidad, así como los aspectos relacionados con la comunicación y divulgación del estudio.

Características básicas del estudio

Alcance

El estudio incluye todas las centrales nucleares y el resto de instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible nuclear del país, con independencia de que estén en operación, en fase de parada definitiva o en desmantelamiento y clausura.

El área de estudio incluye todos los municipios situados en un radio de 30 km alrededor de las instalaciones, cuya situación se compara con los municipios de una zona de control, con características sociodemográficas similares pero no afectados por la operación de las instalaciones.

Adicionalmente, se ha estudiado la mortalidad por cáncer en los municipios situados en dos áreas geográficas caracterizadas por diferente índice de exposición a radiaciones de origen natural y no afectadas por la influencia de ninguna instalación nuclear o radiactiva del ciclo de combustible. En concreto se seleccionaron los municipios en dos áreas circulares de 30 km de radio, una en la Comunidad Autónoma de Galicia, con altos índices de exposición a radiación natural, y otra en la Comunidad Autónoma de Valencia, sometida a baja exposición a radiación natural.

En total se han estudiado más de 1.000 municipios, de los cuales cerca de 500 se sitúan en las áreas de influencia de las instalaciones. El resto corresponde a municipios de las zonas de control y de las dos áreas geográficas con alto y bajo índice de exposición a radiación natural.

Metodología

La metodología del estudio es la definida por el ISCIII, de acuerdo con las prácticas actuales consideradas "estado del arte" en la materia. Se trata de un estudio ecológico de cohortes retrospectivas, en el que se contrasta la mortalidad por diferentes tipos de cáncer y leucemia de los residentes en todos los municipios situados en el entorno de las instalaciones españolas (30km) con la encontrada en los municipios utilizados como referencia (50 a 100 Km). El periodo de estudio incluye los años 1975-2003.

El estudio es de tipo ecológico debido a que la variable central de análisis, la exposición a la radiación, es evaluada mediante un indicador, la dosis efectiva, estimado para cada grupo de población formado por los residentes de cada municipio, y se asigna a los individuos de dicho grupo (no se realiza un estudio individualizado de dosis en cada persona).

El indicador de exposición utilizado es la "dosis efectiva" debido a que este parámetro aporta claros beneficios, especialmente significativos en un estudio de amplio alcance y espectro, como el presente. Se han tenido en cuenta las limitaciones propias del uso de la dosis efectiva como indicador de exposición en estudios epidemiológicos. Esta aproximación ha sido avalada explícitamente por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ante una consulta planteada por el CSN.

La reconstrucción histórica de la exposición de la población de cada municipio, se ha realizado mediante una metodología

reconocida a nivel internacional, basada en la estimación de la dosis a la población debida a los efluentes líquidos y gaseosos de las instalaciones. Se han utilizado modelos teóricos de estimación, con parámetros ajustados a las características específicas de cada área geográfica en la que se sitúa cada instalación y representativos de un "individuo medio".

Por lo que se refiere a la exposición a la radiación natural, se ha estimado la dosis anual que recibe un habitante tipo en cada uno de los municipios: los sometidos a estudio, los de las áreas de control y los de las dos áreas geográficas de Galicia y Valencia fuera del ámbito de influencia de las instalaciones.

Otras características importantes del estudio:

- Para todos los cánceres estudiados, con la excepción de las leucemias, se ha considerado un período (inducción) de diez años como el mínimo necesario que tiene que transcurrir.
- Se han considerado las variables que pueden actuar como factores de confusión, es decir que pueden alterar los resultados del estudio. Entre ellas, la exposición a radiaciones ionizantes de origen natural y diversos factores socio-demográficos.
- No se han tenido en cuenta otras exposiciones a las radiaciones ionizantes de origen artificial, como las de tipo laboral o las de tratamiento y diagnóstico médico.

Se ha analizado la mortalidad por cáncer para el conjunto de todas las centrales nucleares y para el conjunto del resto de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo, y se ha analizado individualmente cada una de las instalaciones. Por otro lado, se ha analizado la mortalidad por cáncer en relación con las exposiciones a radiaciones de origen natural, tanto en las áreas de influencia de las instalaciones como en las dos zonas seleccionadas fuera de las mismas.

Considerando la población de los municipios y el período de estudio, en la zona del entorno de las centrales nucleares se han contabilizado más de 7,5 millones de personas-año para leucemias y más de 5 millones de personas-año para el resto de tumores. En el entorno de las instalaciones del ciclo, el estudio ha contabilizado 8,5 millones de personas-año y 6,4 millones de personas-año para leucemias y resto de cánceres, respectivamente.

Resultados

Instalaciones / radiación artificial

Las dosis acumuladas estimadas que recibiría la población por el funcionamiento de las instalaciones son muy bajas, siendo el valor máximo 350 microSv (el límite de dosis establecido para miembros del público en la reglamentación española es de 1.000 microSv en un año).

Tanto en el análisis conjunto de las zonas de influencia de las centrales nucleares, como en el correspondiente a las instalaciones del ciclo, no se observan resultados consistentes que muestren un patrón de incremento de la mortalidad por cáncer asociado con la dosis. Por otro lado, en el estudio individualizado de cada instalación, tampoco se observan resultados que indiquen incrementos de dicha mortalidad, con algunas observaciones puntuales que no han podido ser atribuidas al efecto de las dosis generadas por su funcionamiento debido a que:

- En general, se trata de hallazgos aislados que no se repiten en el resto de instalaciones, por lo que no son consistentes.
- Las dosis estimadas en el entorno debidas al funcionamiento

de cada instalación son muy bajas y similares a las de otras instalaciones en las que no se observan los mismos efectos.

- Algunas instalaciones del ciclo presentan situaciones de exposición que tienen características comunes con las que se producen en determinadas localizaciones debido a la radiación natural (isótopos, vías de transferencia, incorporación al organismo), siendo la magnitud de exposición a radiación natural varios órdenes de magnitud superior, no observándose ningún efecto asociado con ella en los análisis realizados.
- Estos resultados puntuales podrían atribuirse a otras formas de exposición ambiental, debidas a diferencias en los hábitos de vida, a la presencia de otras industrias y actividades, o al propio azar, que, teniendo en cuenta el gran número de comparaciones efectuadas, podría explicar por sí mismo un cierto número de asociaciones positivas (lo que podría explicar también algunas asociaciones estadísticas negativas, es decir, con disminución de la mortalidad al aumentar la dosis de radiación que se han encontrado de forma puntual).

Radiación natural

Los estudios de mortalidad por cáncer realizados, tanto en las zonas de las instalaciones como en las dos zonas no afectadas por las mismas situadas en dos áreas geográficas con diferente nivel de exposición a radiación natural, no han detectado aumentos de mortalidad estadísticamente significativos al aumentar las dosis recibidas

Conclusiones

El estudio epidemiológico realizado en los entornos de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible nuclear españolas ha analizado la mortalidad por cáncer y su posible relación con las dosis efectivas estimadas en la población, derivadas del funcionamiento de las instalaciones. También se ha estudiado la posible influencia de las dosis debidas a radiaciones de origen natural.

Como resultados más significativos se ha encontrado que:

- 1) Las dosis estimadas acumuladas que habría recibido la población de las áreas de estudio como consecuencia del funcionamiento de las instalaciones son muy reducidas, y están muy por debajo de las que con los conocimientos científicos actuales podrían relacionarse con efectos en la salud de las personas.
- 2) No se han detectado resultados consistentes que muestren un efecto de incremento de la mortalidad por diferentes tipos de cáncer asociados a la exposición de las personas a las radiaciones ionizantes debidas al funcionamiento de las instalaciones. Se han encontrado algunas asociaciones dosis respuesta puntuales que no han podido ser atribuidas a la exposición derivada del funcionamiento de las instalaciones.
- 3) Tampoco se han detectado excesos de mortalidad por cáncer estadísticamente significativos debidos a la radiación natural.

Revisión de las BSS del OIEA

Al iniciarse por el OIEA el proceso de revisión global de las Normas Básicas de Protección Radiológica (BSS), el CSN teniendo en cuenta:

- La importancia del documento, cuya redacción será de especial relevancia en futuras modificaciones de las regulaciones de protección radiológica
- Los procesos de consulta en distintos ámbitos y foros que se preveían para la revisión del mismo, y
- La buena experiencia derivada de grupos previos para el análisis de propuestas de reglamentación o recomendaciones internacionales, consideró conveniente constituir un grupo de trabajo que se encargase de analizar los borradores que, a lo largo del proceso, el OIEA publicara para comentarios.

El objetivo de dicho grupo era aglutinar los diversos puntos de vista de los sectores potencialmente afectados por las nuevas BSS. Con tal fin, el CSN invitó a participar en el grupo de trabajo a los Ministerios de Industria Turismo y Comercio, y de Sanidad y Política Social; a las sociedades profesionales SEPR y SEFM; así como a las entidades Ciemat, Enresa, Enusa y Unesa. Todos ellos respondieron favorablemente y el grupo de trabajo, liderado por el CSN, se constituyó el 26 de septiembre de 2008.

Desde aquella primera reunión, el grupo ha analizado todos los borradores emitidos por el OIEA, y se han enviado los oportunos comentarios.

El último borrador (Rev3.0), que fue remitido oficialmente a los países miembros para comentarios, fue analizado en el seno del mencionado grupo, y los comentarios derivados de dicho análisis se transmitieron al OIEA, el pasado mes de mayo, a través de los cauces oficiales previstos.

Los comentarios de los países serán tratados en las próximas reuniones de los Comités de Normas de Seguridad para, posteriormente, proceder a la aprobación del documento final en la Comisión de Normas de seguridad (CSS) como paso previo a su remisión a la Junta de Gobernadores.

Las previsiones del OIEA contemplan la publicación en 2011 de las nuevas BSS.

M^a Jesús Muñoz
Jefe de Gabinete de la Dirección Técnica de Protección Radiológica
Consejo de Seguridad Nuclear

19ª Jornada Técnica de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental

El día 15 de abril de 2010 tuvo lugar en el Parque de las Ciencias de Granada la 19ª Jornada Técnica de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA) sobre "Radiaciones ionizantes y Salud".

Como entidad científica, la SESA quería contribuir al debate abierto recientemente en la sociedad española en relación a la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad procedentes de las centrales nucleares de nuestro país. En especial el interés estaba focalizado en el Almacén Temporal Centralizado (ATC) del combustible irradiado y los residuos radiactivos, como etapa intermedia a la ubicación, en un plazo de 60 años, del Almacén Geológico Profundo (AGP) o del desarrollo de otras alternativas tecnológicas más adecuadas para la gestión de estos residuos. Además, este debate se inscribe en uno si cabe más importante como es el establecimiento de la política energética española para los próximos 40 años y la decisión de qué papel debe jugar la energía nuclear en esta política.

- La SESA tenía como objetivo organizar unas Jornadas donde, desde la reflexión científica y el sosiego, se pudieran conocer las distintas posturas sobre los riesgos reales, actuales y futuros de las radiaciones ionizantes, tanto los debidos a las diferentes instalaciones nucleares y radiactivas como los debidos a las radiaciones de origen natural.

La Jornada fue inaugurada por la secretaria general de Salud Pública y Participación (Consejería de Sanidad. Junta de Andalucía) y el presidente de la SESA. La conferencia inaugural de título "Las radiaciones ionizantes: Una realidad cotidiana" fue impartida por el profesor Eduardo Gallego, de la Universidad Politécnica de Madrid y miembro de la SEPR.

El resto de la jornada se estructuró en tres sesiones técnicas. La primera de ellas "La exposición a las radiaciones ionizantes" estuvo moderada por Enrique Estrada (delegado de la SESA en Castilla y León) y contó con las ponencias de Rosario Salas (CSN) sobre "Fuentes artificiales. La red de vigilancia radiológica ambiental"; Luis S. Quindós (Universidad de Cantabria) sobre "Fuentes naturales: radón. Mapa nacional de radón" y David Cancio (Ciemat) sobre "Novedades en el marco normativo europeo de la protección radiológica ambiental".

La segunda sesión sobre "Los riesgos de las radiaciones ionizantes: las evidencias epidemiológicas" estuvo moderada por Isabel Marín (Vocal de la SESA), contó con las ponencias de Almudena Real (Ciemat) sobre "Riesgos derivados de la exposición a dosis bajas de radiación ionizante" y de Juan Miguel Barros (Universidad de Santiago de Compostela) sobre "Riesgos vinculados a la exposición al radón".

La última sesión "Utilización de la energía nuclear: la percepción social del riesgo" estuvo moderada por José Ramón Villalba (Periódico "Ideal" de Granada), contó con la participación de Francisco Javier González (Ecologistas en Acción), Antonio González (Foro de la Industria Nuclear Española), Eduardo Gallego (Universidad Politécnica de Madrid) y Leopoldo Arranz (Hospital Universitario Ramón y Cajal). Cada uno de los participantes hizo una breve exposición sobre la percepción social del riesgo de las radiaciones desde sus diferentes perspectivas, dando paso a un debate con los asistentes a la jornada que pudieron plantear sus preguntas sobre el tema.

Almudena Real
Ponente de la 19ª Jornada SESA
CIEMAT. Madrid

Foro Nuclear participa en una mesa redonda sobre el ATC

M^a Teresa Domínguez, presidenta de Foro de la Industria Nuclear Española participó en la mesa redonda "El Almacén Temporal Centralizado, ¿una solución respetuosa con el medio ambiente?", que se celebró el 20 de mayo de 2010 en la Escuela Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

La Presidenta de Foro Nuclear afirmó que "el Almacén Temporal Centralizado permite unificar en una única instalación la gestión del combustible utilizado en las centrales nucleares españolas. En la actualidad, este material está gestionado, vigilado y controlado de forma segura en las propias centrales nucleares. La opción de unificar la gestión en el único almacén fue aceptada por el Parlamento en 2004, por lo que el ATC cuenta con

legitimación democrática. La polémica que ha suscitado el ATC ha demostrado que es necesario establecer un debate energético sereno, sosegado y libre de partidismos donde se reflexione y se estudien las características de cada fuente de energía”.

Fuente: Foro Nuclear

Primera Reunión Científica de la Sociedad Vasca de Física Médica (EUFIMED)

El día 20 de mayo de 2010 se celebró en Párganos-Laguardia (Álava), la 1ª Reunión Científica de la Sociedad Vasca de Física Médica/EUFIMED, organizada por esta sociedad, con el patrocinio de la Dirección de Ordenación Sanitaria del Departamento de Sanidad, y la concesión del reconocimiento de interés sanitario para actos científicos por parte de la Dirección de Gestión del Conocimiento y Evaluación. Esta reunión sirvió también para someter a votación los nuevos estatutos, con vistas al definitivo registro de la sociedad.

La jornada comenzó a las 10.00 de la mañana, celebrando la Asamblea General, en la que se discutió acerca de las modificaciones de los estatutos, nuevas altas de socios y plan de presentación ante las instituciones oficiales. Poco antes de la hora del ángelus, hicimos un descanso para el obligado *coffee-break*.

La primera charla, a cargo de Francisco Lozano, fue acerca de la movilidad de pacientes entre diferentes aceleradores, planificados además con diferentes sistemas de planificación, en el caso del Hospital Donostia PRIMUS-PLATO y ARTISTE-Oncentra, y la particular forma de resolver esta situación que he-

mos desarrollado. A continuación Arrate Guisasola, del Instituto Oncologikoa, realizó una exposición acerca del equipo de Tomoterapia instalado en dicho centro, describiendo aspectos mecánicos y dosimétricos, así como de control de calidad, exponiendo además algunos casos de dosimetría clínica. Luego expuso Rodrigo Lope del Hospital Txagorritxu una descripción general acerca del nuevo acelerador Elekta, primero de esta casa comercial en el País Vasco, haciendo hincapié en sus peculiaridades y diferencias con equipos de Siemens. Carlos Pino expuso su charla acerca de la puesta en marcha del planificador Oncentra en el Hospital Donostia, intercambiando posteriormente resultados e impresiones con los compañeros de Basurto, donde disponen del mismo equipo.

La última presentación, por parte de Patxi Rosales del Hospital de Basurto, y Marian García del Hospital Txagorritxu, fue acerca de la formación de nivel 1 y nivel 2 en Protección Radiológica, contándonos su experiencia de los dos últimos años. Todos los asistentes estaban familiarizados con este asunto, y quien más y quien menos, había sufrido de problemas organizativos y falta de apoyo por parte de las respectivas direcciones. Tras mucho debatir se consiguió llegar a un acuerdo para planificar de forma conjunta las actividades formativas, tras lo cual se procedió a dar por finalizada la jornada, agradeciendo su presencia a todos los asistentes, con el compromiso de volver a reunirnos para discutir otros temas de interés con nuevas aportaciones, cuando surgiera la ocasión.

Francisco Lozano
Hospital Donostia. Donostia-San Sebastián

NOTICIAS de I M U N D O

Grupo de trabajo del Comité 5 de ICRP sobre Eficacia Biológica Relativa y Protección Radiológica del Medio Ambiente

Hay un interés considerable a nivel internacional de desarrollar herramientas que permitan evaluar el impacto que podría tener la exposición a radiaciones ionizantes en la biota (plantas y animales). Un tema de debate es la elección de un factor de modificación de dosis adecuado para radiaciones de distintas calidades, como pueden ser las partículas alfa de alta LET. Para la protección radiológica de las personas, se utilizan los factores de ponderación de la radiación a dosis y tasas de dosis bajas, para poder comparar los riesgos derivados de la exposición a radiaciones de distintas calidades (o LET). Sin embargo, la protección radiológica de la biota se ha centrado en efectos deterministas limitantes, tales como la reducción de la capacidad reproductora, y por tanto la aplicación de factores de ponderación de la radiación convencionales, basados en efectos estocásticos, no parece adecuada. Si bien la literatura científica contiene muchos datos sobre la eficacia biológica relativa (RBE) de diversos tipos de radiación, su relevancia para los efectos a nivel de poblaciones no humanas no está del todo clara. Décadas de investigación han mostrado que la magnitud

del efecto biológico producido por la radiación depende no sólo de la dosis, sino también de otros factores como la tasa de dosis, el tipo y la energía de la radiación y del tipo de efecto considerado.

En este contexto, el Comité 5 de ICRP decide crear un grupo de trabajo (TG72) para revisar la información disponible sobre RBE para biota no humano, centrándose fundamentalmente en las partículas alfa de alta LET, pero revisando también los datos publicados para partículas beta de baja energía (tritio).

La primera reunión del grupo de trabajo tuvo lugar del 11 al 13 de mayo de 2010 en Portland, Oregón. Participaron en la reunión Kathryn Higley (Universidad de Oregón), miembro del C5 y coordinadora del grupo de trabajo, Almudena Real (Ciemat) miembro del C5, Doug Chambers (Senes Canada) y David Kocher (Senes, Oak Ridge). Aunque no pudieron asistir a esta primera reunión, también forma parte del grupo de trabajo Alice Sigurdson (Comité 1 de ICRP) y Francois Paquet (Comité 2 de ICRP).

El objetivo de esta reunión era poner en común el trabajo realizado por cada uno de los componentes del grupo y acordar acciones a realizar a corto-medio plazo. Como se ha comentado anteriormente, la revisión bibliográfica se centrará en partículas alfa y partículas beta de baja energía. Para ambos tipos de radiación se está elaborando una base de datos en Access®,

en la que se recojan todos los trabajos revisados y las principales características de éstos (modelo experimental utilizado, efecto analizado, rango de dosis o tasas de dosis empleado, etc.). La base de datos estará terminada a finales de julio de 2010. En la reunión también se elaboró el índice de contenidos del informe que el grupo de trabajo tiene pensado elaborar. Está previsto tener un primer borrador del informe para finales de agosto de 2010, fecha en la que tendrá lugar la reunión anual del Comité 5 de ICRP, con objeto de presentarlo a todo el Comité.

*Almudena Real
Miembro del C5 de ICRP*

Simposium ESOREX 2010

Entre los días 7 a 9 de junio tuvo lugar en Praga el Simposium ESOREX 2010, organizado por la *Czech Technical University* y el *State Office for Nuclear Safety* de la República Checa.

El objetivo del Simposium fue proporcionar una visión general sobre el estado actual de la recopilación de datos sobre exposición ocupacional y su evaluación en los 27 estados miembros de la Unión Europea, Islandia, Noruega y Suiza, así como en Croacia, Macedonia y Turquía, siguiendo la tradición de anteriores estudios ESOREX. Asimismo, durante el Simposium, se abordó la posibilidad de armonizar a escala europea e internacional las bases de datos sobre exposición ocupacional.

Cada uno de los representantes nacionales de los estados miembros participantes, realizó la presentación de un informe sobre la recopilación de datos de exposición ocupacional en el país. Por parte de España, un miembro del Cuerpo Técnico del CSN realizó una presentación sobre la información contenida y la sistemática seguida para recopilarla en el Banco Dosimétrico Nacional. Además de las intervenciones anteriormente descritas, hubo varias conferencias invitadas, que trataron sobre el enfoque de la Comisión Europea y de las BSS sobre la exposición ocupacional, la recopilación de datos por parte de UNSCEAR, el estado actual del proyecto IAEA-ISEMIR, información más reciente sobre Eurados, el pasado y futuro de Esorex, y la armonización de los carnés radiológicos en el marco de HERCA.

Durante el Simposium se crearon grupos de trabajo en los que se discutieron los temas en relación con Esorex seleccionados por la organización, tales como su dependencia estructural, su financiación, protocolos de transferencia y seguridad de los datos dosimétricos, así como la posibilidad de utilizar Esorex como herramienta de benchmarking. En este contexto, se identificaron como principales escollos para la realización de estadísticas realistas, la falta de homogeneidad en cuanto al nivel de registro y a la clasificación de los tipos y sectores de trabajo aplicados por los diferentes países participantes.

Carmen Barbero, CSN

68ª Reunión del Comité de Protección Radiológica y Salud Pública de la NEA/OECD (CRPPH)

Este Comité celebró su 68ª reunión en la sede de la NEA/OECD de París desde el 18 al 20 de mayo de 2010.

Se ha aprobado la publicación de diversos documentos ya elaborados y discutido distintos temas y áreas de trabajo, tal y como se resumen a continuación:

Emergencias Nucleares

- Se aprobó el informe "Strategic Aspects of Nuclear and Radiological Emergency Management" con algunos cambios menores. Se considera un documento de interés real para los profesionales del tema.
- Se aprobó el plan de actuaciones para el año del Grupo de Trabajo sobre emergencias, que incluye la realización del ejercicio INEX 4 (participa España) y un "workshop" posterior.
- Se crea un Grupo de Expertos para la Implantación de las recomendaciones internacionales para situaciones de emergencia.
- Se presentó un informe sobre los avances en la preparación del "Workshop on Practices and Experiences in Stakeholder Involvement for Post Nuclear Emergency Management" que se celebrará en Octubre 2010 en Washington D.C.
- Se aprobó el informe sobre "Impact of Stakeholder Involvement on Organisational Structures" para ser distribuido a los participantes en dicho "workshop".

Sistema de información sobre la Exposición Ocupacional (ISOE)

- Se presentó la propuesta del plan de trabajo para el año. Hay actuaciones en curso para expandir el alcance de los datos que se colectan a otras actividades (no solo a las centrales), aunque el tema tiene dificultades de diverso tipo.
- Se encarga que continúen los trabajos en coordinación con UNSCEAR.

Sesión sobre las Normas Básicas Internacionales.

- Se efectuaron presentaciones sobre el estado actual de las Normas Básicas Internacionales que coordina el OIEA (Versión 3.0) y de las Normas Básicas Europeas. Estas últimas ya han sido aprobadas a fines de Febrero por el Grupo de Expertos Artículo 31-EURATOM y deben seguir todavía una serie de pasos en la CE. Es de hacer notar que existen algunas diferencias notables entre las mismas y en especial el diferente tratamiento dado al control de la radiactividad natural e industrias NORM. Prosiguen los esfuerzos para conseguir la máxima homogeneidad y desde luego la coherencia entre ellas.
- El Comité EGIR presentó los comentarios que había realizado a la versión 3.0 de las Normas Básicas Internacionales y se aprobó su envío al OIEA.

Grupo de Expertos sobre Exposición Ocupacional

- Se aprobó el trabajo propuesto para realizar un estudio relacionado con la implantación de las recomendaciones ICRP focalizado en las restricciones de dosis.
- Se aprobó también publicar el documento preparado sobre la evolución de la filosofía de ICRP y las regulaciones de protección radiológica con algunos cambios propuestos.

Grupo de Expertos sobre "Best Available Techniques"

- Se aprobó el plan para realizar un "workshop" en 2011 sobre el tema de las mejores técnicas disponibles para reducir las descargas en las nuevas plantas nucleares.

Grupo de Expertos ad-hoc sobre Recursos Humanos cualificados

- Se aprobó el trabajo para actualizar la encuesta sobre la situación en el ámbito universitario que se había llevado a cabo en 2002.

Grupo de Expertos ad-hoc sobre la protección radiológica del Medio Ambiente

- Se aprobó el informe sobre la situación actual en varios países para distribución general. El documento es de una utilidad reducida por diversas razones.
- Se aprobó enviar a los miembros del Comité el cuestionario propuesto por el Grupo sobre las tendencias y gestión de los materiales radiactivos y de las sustancias químicas peligrosas.

Evolución del Sistema de Protección Radiológica

- Se presentaron los resultados de "5th Asian Regional Conference" y del "2nd workshop on Science & Values".
- Se aprobó la realización del "3rd Science and Values Workshop", como parte del conjunto de Conferencias en la región asiática a realizarse en Tokio en 2011.

Exclusión de la Convención de París de los reactores en proceso de desmantelamiento.

- Se aprobó crear un Grupo con el cometido de desarrollar los criterios para la exclusión, describir las metodologías de evaluación y proporcionar recomendaciones sobre otros aspectos relevantes para la toma de decisiones. España formará parte del mismo.

Trabajo del Comité sobre la implicación de los sectores interesados (stakeholders)

- Se aprobó el informe resumen del trabajo del Comité para su publicación. Este documento refleja de forma clara el enorme esfuerzo realizado por la NEA en esta materia.
- Se realizará una sesión técnica sobre las experiencias nacionales en la implicación de los sectores interesados en el 2011. Se esperan propuestas de temas a tratar antes del final del 2010.

Discusión de los criterios de protección radiológica para la disposición final de los residuos radiactivos

- Se aprueba que el tema es importante y que la Secretaría debe asegurar la coordinación necesaria con el Comité de la NEA/OECD sobre residuos radiactivos (RWMC).
- El momento oportuno se espera que sea cuando el Comité 4 de ICRP produzca el documento que está en elaboración y sea puesto en la web para comentarios.
- En cualquier caso se aprueba la conveniencia de establecer un diálogo entre los dos Comités para coordinación de los aspectos de importancia. España participará activamente en este proceso.

Productos de consumo que contienen sustancias radiactivas

Se acordó crear un Grupo Ad-Hoc con representación del OIEA y la CE para recoger los informes internacionales más relevantes y analizar la eventual necesidad de desarrollar a nivel mundial las normas aplicables a los productos de consumo que contienen sustancias radiactivas. España participará en el mismo.

Mandato del Comité y dirección estratégica

Se discutió el documento sobre el tema y se aprobó el mismo de forma provisional para que se introduzcan los comentarios efectuados en la reunión.

*David Cancio, Pedro Carboneras y Manuel Rodríguez
Miembros del Comité CRPPH.*

Nuevos contenidos formativos en la web de Protección Radiológica al Paciente del OIEA

La página web del OIEA cuenta con un sitio especialmente dedicado a la Protección Radiológica de los Pacientes desde el que se intenta conectar a todos los profesionales de la salud involucrados en los procesos de diagnóstico y tratamiento con radiaciones ionizantes. Su entrenamiento y formación y el intercambio de información intensivo son los puntos clave dentro del progreso y la mejora de la seguridad de los pacientes.

En esta línea, la web actualiza continuamente sus contenidos y entre ellos cabe destacar un nuevo curso sobre Medicina Nuclear en español cuyas presentaciones se pueden descargar libremente en la dirección: <http://rpop.iaea.org>.

Este curso cubre todos los aspectos relacionados con la Protección Radiológica en Medicina Nuclear, desde los fundamentos de las radiaciones ionizantes y sus efectos biológicos, hasta el diseño de medidas de seguridad, optimización de las exposiciones y tratamiento de desechos. De una manera didáctica y con el apoyo de imágenes y ejemplos este material puede ser de gran utilidad para los profesionales del sector en sus acciones formativas.

Comité de Redacción.

Reunión del grupo de expertos del art. 31 Euratom

La primera reunión del Grupo de Expertos del Art. 31 del tratado Euratom en su nueva composición, se celebró en Luxemburgo los días 3 y 4 de junio de 2010. Se eligió el nuevo presidente del Grupo. De los nueve candidatos propuestos, salió elegida Helena Janzekovic, de Eslovenia.

Con respecto a la revisión de las Normas Básicas de Seguridad europeas, se informó del inicio de un estudio de impacto que se espera esté finalizado en noviembre de 2010. Se prevé que en marzo de 2011, el documento se eleve al Consejo.

Diversos observadores de las organizaciones internacionales presentaron sus informes de actividades (ICRP, IRPA, WHO e IAEA). J.L Godet (Francia) realizó una presentación sobre las actividades y grupos de trabajo de HERCA (Heads of European Radiation Control Authorities). En su información habló de un grupo de trabajo específico para el ámbito médico desde el que han establecido contactos con los fabricantes de equipos de tomografía computarizada (TC) para temas de optimización de procedimientos.

Eliséo Vañó presentó el informe de actividades del Grupo de Exposiciones Médicas. Remigiusz Baranczyk (Comisión Europea) presentó un resumen de los contratos en curso y los recientemente convocados en el área médica.

Gilbert Eggermont (Bélgica) sugirió que el Grupo de Trabajo de Exposiciones Médicas (WPMED) considere el análisis de los incrementos de dosis ocupacionales que están ocurriendo en algunas de las nuevas tecnologías médicas, citando como ejemplo las altas dosis en extremidades en las instalaciones de PET-TAC.

Augustin Janssens (CE) presentó el documento sobre "Communication from the Commission to the Council and the

European Parliament on Nuclear Medicine and Radioisotopes" indicando que se espera poderlo cambiar de nombre, ya que su contenido es mucho más amplio que lo que actualmente se refleja en el título. En uno de los apartados de ese documento se hace alusión expresa a los temas de carencia de personal en algunas instalaciones médicas y su posible repercusión en los aspectos de seguridad radiológica.

JL Godet (Francia) informó del acceso libre en la web de la autoridad nuclear francesa (www.asn.fr) de todo el material de la Conferencia de Radioterapia celebrada en Versalles en diciembre de 2009. También en este caso, se insiste en el documento de conclusiones (*International Conference on Modern Radiotherapy. Advances and Challenges in Radiation Protection of Patients. Versailles, France, 2-4 December, 2009. Synthesis and main findings*) sobre la importancia de disponer de suficiente personal y debidamente entrenado, para evitar accidentes.

P. Smeesters (Bélgica) informó sobre las actividades del Grupo RIHSS (*Research Implications on Health and Safety Standards*) y del próximo seminario a celebrar en noviembre de 2010 sobre emisores internos.

Renate Czarwinski presentó el borrador 3.0 de las Normas Básicas de Seguridad del OIEA y posteriormente se pasó a discutir el documento preparado por la Comisión Europea sobre diferencias entre ese borrador y el elaborado en Europa (y aprobado por el Grupo de Expertos del Art. 31 en febrero de 2010) para la nueva directiva.

Se solicitaron expertos interesados en participar en el Grupo de Exposiciones Médicas y se creó formalmente el nuevo Grupo de Trabajo WPMED con expertos de: Reino Unido, Francia, Grecia, Finlandia, Rumanía, Bélgica, Hungría, Portugal y España. Participarán también como "corresponding members", expertos de Luxemburgo y Holanda. Se propuso como presidente del Grupo al profesor Eliséo Vañó.

Se formó también el nuevo Grupo de Trabajo RIHSS que seguirá presidiendo P. Smeesters.

Se planteó crear dos nuevos grupos de trabajo sobre "Dose Constraints" y "Radón". Los términos de referencia y su composición se formalizarán en la próxima reunión de noviembre.

Se trataron también los temas: profilaxis de los tratamientos con yodo en caso de emergencias (Riskaudit Report N.º. 1337, de enero de 2010), gestión de residuos radiactivos en instalaciones médicas, nota del OIEA sobre alta de pacientes tratados con yodo, materiales radiactivos en las lámparas de bajo consumo, escáneres de cuerpo entero para controles de seguridad, uranio empobrecido, suministro de radionucleidos, borrador de norma sobre chatarra en relación a la directiva de residuos.

La próxima reunión se celebrará los días 23 y 24 de noviembre de 2010.

Eliseo Vañó

Miembro del Grupo de Expertos del Art. 31

11ª Conferencia Global sobre desmantelamiento de instalaciones nucleares (Londres, 3-5 febrero de 2010)

Entre los días 3 y 5 de febrero de 2010 tuvo lugar en Londres la 11ª Conferencia Global sobre desmantelamiento

de instalaciones nucleares, organizada por la empresa IBC Energy.

Los objetivos del evento eran proporcionar un marco para discutir, entre otros, las estrategias y políticas más recientes en relación con el desmantelamiento de instalaciones nucleares a nivel internacional, estudiar casos prácticos de proyectos de desmantelamiento internacionales, analizar los retos derivados de la gestión de estos proyectos con profesionales del sector, obtener información en relación con la gestión de los residuos radiactivos, comprender los enfoques más recientes de la industria en relación con los aspectos medioambientales y de seguridad, actualizar los conocimientos sobre los requisitos reguladores y aspectos legales del desmantelamiento y analizar la relación entre la construcción de nuevas instalaciones nucleares y su desmantelamiento. Además, el evento ofrecía la posibilidad de establecer contactos comerciales en el sector del desmantelamiento.

A la reunión asistieron entre otros, representantes del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y de la Agencia de la Energía Atómica de Japón (JAEA), personal técnico del Consejo de Seguridad Nuclear, empresas de consultoría y servicios, así como organizaciones responsables de la gestión de residuos radiactivos y de cuestiones ambientales.

Comité de Redacción

Finalización del proyecto "Mejora continua de la regulación para el control de las exposiciones médicas" del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Nucleares

Entre los días 1 al 5 de marzo de 2010, se llevó a cabo en la ciudad de México, en la sede de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, la última reunión programada del proyecto realizado en el ámbito de Foro de Reguladores Iberoamericano "Mejora continua de la regulación para el control de las exposiciones médicas". El Proyecto de Protección radiológica del paciente ha tenido una duración de dos años en los que han participado los países de Argentina, Cuba, Brasil, Méjico, España y Uruguay. El objetivo ha sido colaborar en la elaboración de programas reguladores eficaces que contribuyan a la implantación de los requisitos de las Normas Básicas del OIEA sobre protección radiológica del paciente y facilitar la labor de auto-evaluación de la función de los organismos reguladores en el control de las exposiciones médicas, para contribuir a su mejora continua.

Como resultado del proyecto se ha desarrollado un documento editado en el formato de un TECDOC del OIEA y dirigido a organismos reguladores y autoridades de salud que lleva por título "Autoevaluación del programa regulador de la protección radiológica en las exposiciones médicas".

El documento contiene una serie de capítulos temáticos en los que se exponen los aspectos que debe incluir un programa regulador de la exposición médica, tales como el marco legal y normativo, los sistemas de autorización e inspección, los re-

cursos humanos, las relaciones institucionales y la difusión y el fomento de la cultura de seguridad. En cada capítulo, la identificación de problemas o dificultades existentes para cumplir los requisitos de la normativa, va seguida de posibles estrategias para resolverlos, y finaliza con ejemplos concretos de soluciones prácticas aplicadas en algunos países. Por último, se incluye un cuestionario de auto-evaluación del programa regulador. Este cuestionario no sólo es compatible con los documentos del OIEA sobre autoevaluación del organismo regulador, sino que además los complementan añadiendo a cada tema nuevas propuestas de criterios de evaluación.

El proyecto ha despertado el interés de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) que ha hecho efectiva su participación. La OPS colaboró en la organización del taller conjunto entre organismos reguladores y autoridades de salud, realizado en Buenos Aires en octubre de 2008 y en la revisión del documento. Asimismo ha comprometido su presencia en un nuevo proyecto del FORO que implique la difusión e implementación de los resultados, en colaboración con la OIEA.

Asimismo la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el marco de su Iniciativa Global para la Seguridad Radiológica en el Ámbito Sanitario ha dado su apoyo, a fin de difundirlo en otras regiones dentro de su ámbito de acción.

M^a Luisa Ramírez, CSN

Tercer Congreso Europeo de la IRPA

Organizado por la Sociedad Nórdica de Protección Radiológica (NSFS) y, bajo el lema de "Radiation protection-science, safety and security", la ciudad de Helsinki acogió, entre los días 14 y 18 de junio, el Tercer Congreso Europeo IRPA.

Los largos días del final de la primavera escandinava reunieron a 850 participantes procedentes de 44 países, (7 de ellos no europeos), entre los que se incluían representantes de organizaciones internacionales de la importancia de IAEA, ICRP, ICNIRP, EU, WHO, ILO, OCDE/NEA, ICRU, UNSCEAR, ICRM, EFOMP.

España, con 27 inscripciones, ha ocupado una posición intermedia en cuanto número de participantes, aspecto en el que ha destacado la masiva presencia de jóvenes congresistas pertenecientes a las Sociedades Nórdicas de Protección Radiológica.

La SEPR ha estado representada a nivel organizativo en el Comité Científico, por Oscar González, y en la presidencia de la mesa del área temática correspondiente a "Gestión de Residuos y Desmantelamiento", por Pedro Carboneras. Otro de los socios de la SEPR, Eduardo Gallego, formó parte del grupo de ponentes del Foro de Sociedades Asociadas, durante la exposición de actividades de IRPA.

El amplio alcance del programa, ha cubierto todos los campos relacionados con la radiación ionizante y no ionizante, con áreas dedicadas a detección y dosimetría, radio biología, los efectos sobre la salud y riesgos de las "dosis bajas", efectos "no cáncer" y la sensibilidad individual a la RI.

Utilizando el enfoque de las nuevas recomendaciones ICRP, el programa científico ha incluido las tres categorías principales de situaciones de exposición: exposiciones planificadas, de emergencia y existentes.

- Como áreas de especial interés en el ámbito médico y de protección del paciente, el programa ha cubierto temas/aspectos relativos a: la exposición médica de pacientes pediátricos, el concepto de justificación aplicada a exposiciones individuales de pacientes, la protección radiológica en radioterapia y nuevas técnicas médicas.

- En relación con las situaciones de la emergencia, el programa ofreció espacio para el desarrollo de trabajos sobre los recientes esfuerzos internacionales tendentes a mejorar la seguridad y la protección, incluyendo la prevención de tráfico ilícito de material radiactivo, seguridad de las fuentes y seguridad en acontecimientos públicos, así como trabajos sobre estudio y análisis crítico de accidentes.

- La radiación natural en el medio ambiente y su relación con la protección radiológica han sido áreas ampliamente contempladas en el congreso, con contribuciones dedicadas a: la importancia del radón como origen de exposiciones significativas del público y trabajadores no expuestos, presencia de sustancias radiactivas naturales en materias primas, subproductos industriales y desechos (NORM). Se incluyeron llamadas de atención y propuestas sobre acciones de mitigación en campos como la minería, el procesado de determinados materiales naturales, la producción de gas y petróleo y se presentaron experiencias relacionadas con el nuevo marco para la protección radiológica de la biota.

- El congreso ha dedicado un área temática específica a la importancia de la protección frente a las radiaciones no ionizantes. Esta preocupación ha aumentado paralela al incremento en el número de dispositivos electrónicos y de comunicación inalámbrica utilizados por la población en la sociedad moderna.

- El programa ha incluido dos talleres de especialistas, el primero sobre el empleo seguro y eficaz de radiación en la asistencia médica pediátrica que contó con 90 participantes y el segundo sobre normativa y protección radiológica en la industria nuclear al que asistieron 109 congresistas.

- El programa científico del congreso se desarrolló en 19 áreas temáticas con 157 presentaciones orales y 351 presentaciones en formato póster.

- Incluyó asimismo 16 cursos de refresco que acogieron a un total de 550 alumnos.

- Como complemento a las sesiones técnicas, tuvieron lugar dos reuniones específicas dedicadas al foro de sociedades asociadas y lecturas plenarias sobre aspectos destacables en la protección radiológica europea.

Alcance de las áreas temáticas

- Los títulos de las áreas temáticas en las que se encuadraron las diferentes presentaciones, fueron los siguientes:

1. Biología de la radiación y efectos
2. Uso médico de la radiación
3. Radón
4. Dosimetría de la radiación
5. Gestión de residuos y desmantelamiento
6. NORM
7. Educación, formación y entrenamiento
8. Protección radiológica de los trabajadores
9. Protección radiológica del medio ambiente y biota
10. Emergencias e incidentes radiológicos en el ámbito nuclear

11. Uso malintencionado de la radiación y seguridad nuclear
12. Tecnologías de detección y análisis
13. Respuesta médica en accidentes radiológicos
14. Radiaciones no ionizantes
15. Protección radiológica del público
16. Radiación en el medio ambiente
17. Radiación natural
18. Normativa, regulación y recomendaciones
19. Radiación y sociedad

Participación española

Aparte de la mencionada presencia de la SEPR en aspectos organizativos y comités, la participación técnica de socios se materializó en 6 presentaciones orales y 9 presentaciones póster.

El resumen de esta participación fue el siguiente:

- Presentaciones orales.

- Área de gestión de residuos y desmantelamiento

Este epígrafe incluyó dos presentaciones españolas:

La primera de ellas dedicada a la optimización de la gestión de residuos radiactivos en centros educativos y de investigación; el objetivo de de los estudios en curso que se describen en el trabajo es confirmar la posibilidad de obtener un documento guía que simplifique y estandarice los procedimientos de gestión de los residuos radiactivos generados en la investigación biológica; en buena parte de baja actividad y susceptibles de ser desclasificados previo tratamiento. El trabajo detalla las investigaciones en marcha sobre caracterización, medida y vías de tratamiento.

La segunda se dedicó a aspectos ALARA en el trabajo de desmantelamiento de una celda de reproceso tipo MTR. El objetivo fundamental fue poner de manifiesto la importancia del proceso de planificación y estudio de los aspectos relacionados con el control de la contaminación ambiental por transuránicos (confinamientos, ventilación, protecciones) y el desarrollo de soluciones prácticas que aúnen la eficiencia y la seguridad en entornos radiológicos comprometidos en desmantelamiento.

- Área de protección ocupacional

Se presentó un trabajo sobre reducción de dosis en el entorno de la piscina de combustible, mediante modificación de la disposición de barras de control irradiadas. La presentación detalla los resultados teóricos de la aplicación de un modelo de cálculo de zonas de mayor activación de la barra y de la aplicación práctica de la propuesta de la inversión del sentido vertical de almacenamiento de la misma de cara a reducir su influencia en áreas periféricas de la piscina.

- Área de radiaciones no ionizantes

Este epígrafe incluyó dos trabajos españoles:

Uno sobre riesgo de tumor cerebral en relación con el uso de telefonía móvil. La presentación remarca la necesidad de ampliar las investigaciones sobre los posibles efectos a largo plazo del uso intensivo de telefonía móvil y resolver las discrepancias estadísticas observadas en diversos estudios, así como el análisis de la relación entre la localización de tumores detectados y hábitos de utilización de los teléfonos por parte de los usuarios.

El segundo estudio, presenta los resultados de la respuesta proliferativa de dos líneas de células cancerosas humanas a la exposición simultánea a dos agentes físicos como son la hiper-



termia y la radiofrecuencia a 2.2 GHz. y el avance de la investigación sobre las bases moleculares de los efectos observados.

- Área de protección del público

Dentro de éste área temática, se presentó un resumen del enfoque, pasos, experiencia y resultados de la campaña nacional de recuperación de fuentes huérfanas (que aparecen o se detectan fuera del sistema de control regulador) realizada en España. Recalca la importancia de la colaboración entre los agentes reguladores y organizaciones operativas implicadas y la trascendencia de la sistemática de información y relación que, en su caso, ha de establecerse con el propietario del material.

- Presentaciones póster

Las áreas temáticas y trabajos presentados dentro de ellas por autores españoles, fueron las siguientes:

- Biología de la radiación y efectos

Estudio comparativo de aberraciones cromosómicas entre miembros de tripulaciones aéreas y grupos de control, que en los análisis estadísticos preliminares no muestra diferencias significativas entre ambas poblaciones.

- Uso médico de la radiación

Estudio sobre modelización de las interacciones de fotones y electrones en braquiterapia. El estudio analiza los modelos de depósito de energía a nivel molecular, con electrones de alta energía, de cara a establecer y minimizar las posible afectación de tejidos periféricos a los tumores a tratar mediante esa técnica.

- Protección de los trabajadores

- Servicio de apoyo a protección radiológica en ISPR, utilizando la metodología aplicada en CCNN españolas. En este trabajo se relata la experiencia y los resultados de la importante participación de empresas españolas en las tareas de apoyo técnico y consultoría en el ámbito de la PR. Específicamente en la introducción y adaptación de métodos, técnicas, procedimientos y los modelos de trabajo desarrollados en la industria nuclear española.

- Implicaciones prácticas de la aplicación del proyecto RELID en la protección de los profesionales médicos. El estudio aporta los resultados del estudio sobre opacidad ocular inducida

en profesionales de cardiología intervencionista y hace una llamada a la necesidad de intensificar la concienciación y la aplicación de criterios y métodos de protección radiológica y reducción de dosis de los profesionales en este campo médico

- *Radiación en el medio ambiente*

- Modelización de la dispersión, a distancias medias, de partículas radiactivas incidentalmente liberadas de una central nuclear. Basándose en los datos obtenidos de un programa de vigilancia real realizado a consecuencia del incidente, el estudio teórico aporta información adicional sobre consecuencias que, a nivel de dispersión y deposición de partículas, pueden ocasionar este tipo de incidentes. El trabajo reproduce los posibles efectos en función de distintas condiciones atmosféricas y tamaños de partículas radiactivas liberadas.

- Se presenta un trabajo sobre el plan de inspección para la detección de contaminación por partículas en el emplazamiento de una planta de fabricación de elementos de combustible (Enusa). La ponencia destaca los especiales retos asociados a la aplicación de la metodología MARSSIM en un emplazamiento en el que el objeto de la vigilancia son los isótopos de uranio y sus descendientes.

- Esta área incluye también un trabajo sobre la sistemática aplicada para el programa de vigilancia radiológica del emplazamiento de El Cabril (centro de almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de baja y media actividad). Describe los objetivos, metodología (MARSSIM) y medios empleados para la localización, identificación y medida de posibles puntos

- de contaminación en terrenos del emplazamiento y superficies exteriores de edificios, así como la propuesta de las medidas de descontaminación, en su caso.

• - *Recomendaciones y normativa*

- Estudio descriptivo sobre métodos de obtención de imagen que combinen las técnicas de adquisición de alta resolución anatómica (CT, MRI) con otras de alta sensibilidad fisiológico/molecular (PET, SPECT). El trabajo analiza las líneas de esta investigación en imagen multimodal y los factores relacionados con la protección radiológica derivados del uso de fuentes gamma de energía significativa y radioisótopos en estos procesos de investigación biomédica y en su posible traslación al campo de la atención médica.

• - *Radiación y sociedad*

- Este epígrafe contenía un trabajo (que debería haber sido colocado en el área de gestión de residuos y desmantelamiento) sobre lecciones aprendidas durante el desmantelamiento de instalaciones nucleares, recopilación de experiencias y recomendaciones, en materia de PR operativa y ALARA, así como el análisis de los aspectos que diferencian su aplicación en desmantelamiento frente a situación de instalación en operación.

- Este tercer congreso concluyó con la entrega de premios a jóvenes científicos participantes y actos de bienvenida a los próximos congreso IRPA 13 e IRPA europeo, de Glasgow 2012 y Ginebra 2014 respectivamente

Comité de Redacción.



Resumen de los resultados definitivos del estudio caso-control internacional Interphone

El Grupo de Estudio Interphone finalmente ha hecho público, el 17 de mayo, pasados 6 años desde la finalización del proyecto, los resultados del análisis integrado de los datos epidemiológicos aportados por los 13 países participantes (ver, página web <http://ije.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/dyq079>.) El objetivo de este estudio epidemiológico multicéntrico era determinar si el uso de teléfonos móviles aumenta el riesgo de tumores y, específicamente, si la radiación de radiofrecuencia emitida por los teléfonos móviles podría tener efectos carcinógenos. Interphone representó el estudio más ambicioso realizado en su día sobre este tema. Como anteriormente se ha descrito en otros números (Nº 42, Nº 47 y Nº 58) de esta misma revista, el Proyecto Interphone se inició en el año 2000 como un conjunto internacional de estudios de tipo

- caso-control. Dichos estudios se enfocaron en cuatro clases de tumores localizados en tejidos que absorben altos niveles de exposición a las radiofrecuencias emitidas por los teléfonos móviles: tumores cerebrales (glioma y meningioma), de nervio acústico (schwannoma), y de glándula parótida.

- Aunque durante el desarrollo del proyecto se han llevado a cabo estudios específicos, sobre neurinoma acústico, glioma, meningioma y tumores de la glándula parótida, que han sido previamente publicados (ver lista de trabajos en la página web del IARC, <http://www.iarc.fr/en/research-groups/RAD/Interphone8oct08.pdf>), en su documento final sólo han sido compilados y descritos los resultados de los análisis sobre glioma y meningioma (2708 casos de glioma y 2409 de meningioma y sus correspondientes controles), en función de tres índices de exposición analizados: año de comienzo de uso, tiempo de conversación total y el número total de llamadas, excluyendo el uso de dispositivos manos libres. En el análisis solo se incluyeron usuarios regulares de teléfono móvil(*)

- (*) *En las fechas en que se recogieron los datos (hasta 2004) la mayoría de los sujetos no hacían un uso intensivo del móvil, en comparación con los estándares de uso actuales. El tiempo medio acumulado de llamada estaba alrededor de 100 horas, con una mediana de 2 a 2 1/2 horas de uso al mes. El punto de corte para usuarios de uso intensivo del móvil (10% de los sujetos) era de 1640 horas a lo largo de 10 o más años, lo que correspondería a menos de media hora por día.*

Los estudios utilizaron un protocolo básico común, cuyos detalles y procedimientos han sido también publicados (Cardis et al., 2007), y se encuentran disponibles en la dirección web de la editorial Springer: <http://www.springerlink.com/content/x88uu6q103076p53/>

El Grupo Interphone resume sus resultados de la siguiente manera:

Los análisis de datos conjuntos de los diferentes países indican: para glioma, que el riesgo relativo (OR) relacionado con haber sido un usuario regular de teléfono móvil está por debajo de 1 [OR=0,81; Intervalo de confianza (IC) del 95% = 0,70 – 0,94], indicativo de menos tumores en los usuarios de móviles que en los no usuarios. Este denominado “efecto protector” de la irradiación, es atribuido por los autores del estudio a artefactos debidos a sesgos y errores metodológicos. El mismo “efecto” se obtuvo para meningiomas [OR 0,79; IC 0,68 – 0,91].

Cuando los datos se distribuyeron en deciles (diez grupos ordenados de menor a mayor en función del uso del teléfono), los OR fueron < 1.0 para todos los deciles relacionados con el número de llamadas y para 9 deciles relacionados con tiempo total acumulado de llamadas. Para el decil superior, con un tiempo acumulado ≥ 1640 h, el OR para glioma fue de 1.40 (IC 1.03-1.89), estadísticamente significativo. También se observó un ligero incremento en la tasa de riesgo relativo de meningioma, OR 1.15 (IC 0.81-1.62); pero en este último grupo se registraron valores inverosímiles de uso del móvil.

Los OR para glioma tendían a ser mayores en el lóbulo temporal (región de máxima exposición) que en otras áreas del cerebro, pero los IC de las estimaciones específicas del lóbulo se revelaron muy amplios. Además, en sujetos que hacían un uso habitual del teléfono, los OR para glioma tendían a ser mayores en el mismo lado de la cabeza en la que se aplicaban el teléfono (posición ipsilateral) durante las llamadas.

Existe un consenso general de que el gran número de parámetros en los que Interphone ha registrado reducción de riesgos (OR) entre usuarios de teléfonos móviles es claramente indicativo de un problema sistemático de sesgo de selección debido a la manera en que fue diseñado y ejecutado el estudio. Así lo entienden los autores del trabajo cuando afirman que es “poco probable” que los teléfonos celulares pudieran proporcionar protección de inmediato contra los tumores cerebrales.

En efecto, cuando los resultados de Interphone son analizados de manera que se compensa el sesgo de selección, se obtienen datos más precisos de los riesgos asociados al uso a largo plazo de teléfonos celulares. En ellos se muestra que aquellos sujetos que utilizaron su teléfono móvil durante diez o más años tuvieron el doble de probabilidades de desarrollar un tumor cerebral (glioma). Este aumento del riesgo es estadísticamente significativo. De hecho, el riesgo era mayor para los tres índices de exposición analizados: año de comienzo de uso, tiempo de conversación total y número total de llamadas. Incluso parece haber una relación dosis-respuesta, mostrándose un mayor riesgo entre los usuarios más frecuentes. Este análisis, que está contenido en el Apéndice 2 del estudio Interphone, no ha sido incluido en la publicación, pero está disponible en versión electrónica (<http://ije.oxfordjournals.org/cgi/data/dyq079/DC1/2>). A este respecto, J. Siemiatycki de la

Universidad de Montreal, un miembro del grupo canadiense de Interphone, subraya que los potenciales riesgos indicados en el Apéndice 2 sólo serían reales si los déficit observados en los OR, fueran efectivamente debidos al sesgo de selección.

En definitiva, a partir de los datos resumidos hasta aquí, los autores concluyen: “En conjunto, no se observó incremento de riesgo para glioma o meningioma asociado al uso del teléfono móvil. Se han encontrado indicios de riesgo incrementado de glioma y, mucho menor, de meningioma, a niveles elevados de exposición, para exposiciones ipsilaterales y, para glioma, en tumores del lóbulo temporal. Pero los sesgos y errores limitan la fuerza de las conclusiones e impiden una interpretación causal”. Y también: “Los posibles efectos a largo plazo del uso frecuente de los TM requieren más investigaciones”

Así, Christopher Wild, director de la IARC (OMS) ha declarado, “No se ha establecido un incremento del riesgo de tumores cerebrales a partir de los datos de Interphone. Sin embargo, las observaciones obtenidas en el índice acumulado de llamadas, y los patrones cambiantes de la telefonía móvil en el uso del teléfono, desde el período estudiado por Interphone, especialmente entre los jóvenes, justificarían una investigación adicional.

Para el Parlamento Europeo y para las autoridades sanitarias de numerosos países europeos, los datos de Interphone, unidos a los de varios estudios epidemiológicos más recientes, pero publicados entre 2007 y 2009, con anterioridad a Interphone, justifican no sólo “una investigación adicional” sino la adopción de estrategias cautelares dirigidas a optimizar el uso de los teléfonos móviles, y a reducir en lo posible la exposición a la radiación asociada, sobre todo en la población infantil y subadulta.

En todo caso, y respecto a la ejecución de nuevos estudios epidemiológicos, antes de abordarlos será necesario aprender de la experiencia de Interphone. Ya que, a pesar de las elevadas expectativas generadas en su día, consumido un plazo de 10 años y algunas decenas de millones de euros aportados por fuentes públicas y privadas, los sesgos y errores de diseño y ejecución han hecho que el proyecto Interphone fracase en su intento de dar una respuesta definitiva a una pregunta planteada con urgencia ya entonces, en 2000, con menos del 50% de usuarios en el conjunto de aquellos países desarrollados que, como España, superaron en 2007 la tasa de 1,1 teléfonos móviles por habitante y la media de 30 minutos diarios de uso.

M^a Ángeles Trillo Ruiz,
Investigadora, Hospital Ramón y Cajal

“Análisis de las técnicas de dosimetría de extremidades. Propuesta de una metodología de calibración y caracterización”

El CSN y la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), en base al Convenio Marco suscrito entre ambas instituciones, firmaron en diciembre de 2007 un acuerdo específico para participar en el proyecto de I+D sobre “Análisis de las técnicas de dosimetría de extremidades. Propuesta de una metodología de calibración y caracterización”, con objeto de mejorar la

sistemática utilizada hasta el momento para la determinación de las dosis en extremidades en España y elaborar un protocolo de calibración de los sistemas de medida de las dosis en extremidades.

El proyecto ha sido desarrollado a lo largo de 2008 y 2009 por el Instituto de Técnicas Energéticas de la UPC, y ha contado con la colaboración de los Servicios de Dosimetría Personal Externa autorizados por el CSN.

En el marco de este proyecto, se llevó a cabo un estudio de medidas in situ en cuatro instalaciones médicas tipo, donde los profesionales expuestos a radiaciones ionizantes pudieran potencialmente recibir mayores dosis equivalentes en la piel de sus manos. Así, se seleccionaron un servicio de radiología intervencionista, una unidad centralizada de radiofarmacia que manipula fundamentalmente radiofármacos marcados con ^{99m}Tc , un laboratorio de radiofarmacia anexo a un ciclotrón para la preparación y suministro de FDG y un servicio de medicina nuclear para estudios de tomografía de positrones (PET).

Este estudio, junto con la recopilación de información sobre la sistemática implantada para la dosimetría de extremidades en España y Europa, ha permitido identificar los colectivos que requieren dosimetría de extremidades y caracterizar las principales operaciones que pueden generar dosis a las mismas.

Por otro lado, se ha llevado a cabo un estudio piloto sobre las prestaciones de un grupo de dosímetros preseleccionados, de acuerdo con la norma ISO 12794, y se ha propuesto un protocolo de caracterización y calibración de los dosímetros para ser utilizado en la autorización de los sistemas dosimétricos de extremidades por parte del CSN.

Además, como resultado del proyecto se ha completado el patrón secundario beta del laboratorio de calibración del INTE, lo que permitirá llevar a cabo la calibración de los sistemas dosimétricos en calidades de radiación beta de acuerdo con la norma ISO 6980.

M^ª Luisa Tormo, CSN

PUBLICACIONES

Publicaciones ICRP

ICRP PUBLICATION 110: ADULT REFERENCE COMPUTATIONAL PHANTOMS. *Annals of the ICRP* Volume 39 Issue 2.

Esta publicación describe el maniquí de referencia usado en las simulaciones por ordenador. Consta de 7 capítulos donde se tratan los datos específicos de los maniqués, la selección y segmentación de los datos tomográficos, las modificaciones de las imágenes segmentadas, la descripción del maniquí de adulto y los usos y limitaciones de este maniquí en las simulaciones por ordenador. Además, contiene diferentes anexos de interés:

Appendix A: ID listings, medium, density, mass, minimum/maximum columns, rows and slices occupied by each organ/tissue (containing rectangular prism) and organ centres of mass.

Appendix B: List of media and their elemental composition.

Appendix C: List of source regions, acronyms and ID numbers.

Appendix D: List of target regions, acronyms and ID numbers.

Appendix E: Distributions of depths of selected organs/tissues.

Appendix F: Chord-length distributions between selected organ pairs.

Appendix G: Cross-Sectional Images.

Appendix H: Selected Organ dose conversion coefficients - external photons.

Appendix I: Selected Organ dose conversion coefficients - external neutrons.

Appendix J: Selected Organ dose conversion coefficients - external helium ions.

Appendix K: Selected Specific absorbed fractions – photons.

Appendix L: Selected Specific absorbed fractions – electrons.

Appendix M: Summary of the CD Contents.

ISBN-13: 978-0-7020-4186-0

www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/722245/description#description

Comité de redacción

Publicaciones ICRU

ICRU: Prescribing, Recording, and Reporting Intensity-Modulated Photon-Beam Therapy (IMRT) (próximamente).

El futuro informe contendrá la información necesaria para estandarizar las técnicas, los procedimientos y la armonización de la prescripción, registro y notificación de los tratamientos con IMRT. Se describen con cierto detalle las características físicas, técnicas, planificación del tratamiento y aspectos clínicos de la IMRT. Éstas deben ser una referencia útil para los profesionales actuales.

www.icru.org/index.php?option=com_content&task=view&id=171

Comité de redacción

ICRU: Mammography - Assessment of Image Quality. ICRU Report 82.

En este informe se examinan en detalle los aspectos técnicos de la mamografía y se discuten los principios de la calidad de imagen y su relación con la dosis absorbida en el tejido mamario. Se hace hincapié en la importancia del control de calidad para la mamografía tanto en las pruebas de aceptación como en las de rutina. Además, en los apéndices, se describen algunos de los principales programas de control de calidad de diversos países o regiones junto con ejemplos de las herramientas de prueba utilizadas en dichos programas.

Este informe está dirigido a los responsables sanitarios, radiólogos, médicos de referencia, físicos médicos y técnicos en radiología de diagnóstico por imagen.

www.icru.org/index.php?option=com_content&task=view&id=160

Comité de redacción

Publicaciones IAEA

12th Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA 12): Strengthening Radiation Protection Worldwide — Highlights, Global Perspective and Future Trends. Proceedings Series

Esta publicación es el registro oficial del 12º Congreso la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA), celebrada en Buenos Aires, Argentina, del 19 al 24 octubre de 2008. Fue organizado por la Sociedad Argentina de Protección contra la Radiación (SAR) en cooperación con el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA), la Organización Mundial de la Salud (WHO) y la Organización Panamericana de la Salud (PAHO).

ISBN 978-92-0-105410-4

www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1460_web.pdf



Comité de redacción

Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students. Training Course Series N° 42

El conocimiento de la radiobiología de los tejidos normales y tumores es un requisito previo para la práctica de la oncología de radiación. Este documento es un manual para profesores y estudiantes sobre biología de la radiación y consta de 4 capítulos con un módulo para radioterapeutas y otro para el personal dedicado a la protección radiológica.

www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TCS-42_web.pdf



Comité de redacción

Protección radiológica relacionada con la exposición médica a la radiación ionizante Safety Guide. Colección de normas de seguridad N° RS-G-1.5

En la presente Guía de Seguridad se formulan recomendaciones sobre la aplicación práctica del Apéndice II (Exposición médica) de las Normas básicas internacionales de seguridad (NBS) para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, patrocinadas conjuntamente por la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AENOCDE), el OIEA, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). La guía se publica bajo el patrocinio conjunto del



- OIEA, la OMS y la OPS. En ella se recomiendan estrategias dirigidas a promover la participación de las entidades, por ejemplo los organismos profesionales, cuya cooperación es esencial para asegurar el cumplimiento de los requisitos de las NBS relativos a las exposiciones médicas. Los ámbitos en que esta cooperación es necesaria son, entre otros, el establecimiento de niveles orientativos para las exposiciones médicas con fines diagnósticos, los procedimientos de prueba para la aceptación del equipo radiológico, la calibración de los aparatos de radioterapia y la notificación de las exposiciones médicas accidentales.

ISBN 978-92-0-301210-2

www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1117s_web.pdf

Comité de redacción

Patient Dose Optimization in Fluoroscopically Guided Interventional Procedures. Final report of a coordinated research project. IAEA TECDOC Series N° 1641

Esta publicación presenta los resultados de un proyecto reciente coordinado por IAEA sobre la optimización de la dosis que reciben los pacientes en los procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia. La optimización de la protección radiológica de los pacientes sometidos a este tipo de exposiciones médicas se ha convertido en una cuestión de gran importancia, ya que muchos procedimientos quirúrgicos han sido sustituidos por otros guiados por fluoroscopia, que puede causar una alta exposición de radiación. En el resumen se presenta información detallada sobre la evaluación de las dosis en piel, el análisis de los factores que causan lesiones en ella y la manera de evitar o reducir el riesgo de dichas complicaciones.

ISBN 978-92-0-100510-6

www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1641_web.pdf

Comité de redacción

Best Practice in Environmental Management of Uranium Mining IAEA Nuclear Energy Series N° NF-T-1.2

Esta publicación ha sido escrita como ayuda a los Estados miembros en el desarrollo de sus recursos del mineral de uranio. Se exponen los principios básicos de las buenas prácticas en términos de gestión medioambiental de la minería de uranio y las operaciones de transformación desde la perspectiva tanto de los operadores y reguladores. Se acompaña de una colección de casos estudio de la industria de la minería..

ISBN 978-92-0-105909-3

www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1406_web.pdf

Comité de redacción



Management of Radioactive Waste from the Mining and Milling of Ores Safety Guide. Colección de normas de seguridad Nº WS-G-1.2

El objetivo de la guía de seguridad es proporcionar recomendaciones y orientaciones sobre la gestión segura de los desechos radiactivos provenientes de la extracción y el tratamiento de minerales. Las recomendaciones que contiene son aplicables fundamentalmente a las nuevas instalaciones. Las que ya existen quizás no cumplan necesariamente con todas estas recomendaciones. No obstante, se pueden adoptar medidas apropiadas en consonancia con las políticas nacionales para examinar la seguridad de las instalaciones existentes y, cuando sea razonablemente posible, aumentar su seguridad a tono con las recomendaciones pertinentes establecidas en esta guía de seguridad.

ISBN 978-92-0-301510-3

www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1134s_web.pdf



Comité de redacción

Setting Authorized Limits for Radioactive Discharges: Practical Issues to Consider Report for Discussion. IAEA TECDOC Series No. 1638

Esta publicación ofrece una visión general de los aspectos prácticos relacionados con la aplicación de los programas para la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos radiológicos de los vertidos radiactivos autorizados. Se incluye una descripción de los principales procesos involucrados en el establecimiento de las autorizaciones de vertido y muestra ejemplos de las prácticas actuales extraídos de las experiencias nacionales en las actividades e instalaciones.

ISBN 978-92-0-114909-1

www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1638_web.pdf



Comité de redacción

Otras Publicaciones

Radiofrecuencias y Salud: A. Hernando y A. Úbeda (2010)

El CSIC y la editorial Libros de la Catarata acaban de publicar en la colección Debates Científicos el libro Radiofrecuencias y Salud, por Antonio Hernando Grande, catedrático de Magnetismo de la Materia y Alejandro Úbeda Maeso, Investigador Biomédico. El libro, prologado por Rafael Rodrigo, Presidente del CSIC, se estructura en forma de debate entre dos corrientes distintas en el abordaje de la problemática reciente sobre los potenciales efectos de las radiofrecuencias sobre la salud. La primera parte del libro reproduce sendos textos de los autores. En su escrito, Antonio Hernando enfoca la problemática desde la perspectiva de las ecuaciones de Maxwell como base para la interpretación de la interacción de las ondas electromagnéticas con la materia. Por su parte, Alejandro Úbeda describe los fundamentos biofísicos en que se basan las actuales regulaciones internacionales para la protección radiológica ante la exposición a radiofrecuencias, y hace un resumen de la evidencia epidemiológica y experimental reciente que aporta indicios de efectos ante exposiciones agudas o crónicas campos débiles, por debajo de los niveles propuestos por las citadas regulaciones. Ambos escritos sirvieron como fondo para un debate, celebrado en noviembre de 2009 en la Librería del CSIC. En la segunda parte del libro se transcriben las intervenciones de los distintos expertos participantes en el debate, entre los que se contaban físicos, químicos, biólogos, médicos, epidemiólogos y sicólogos, pertenecientes al CSIC y a diversas universidades y centros de investigación. El libro será presentado el día 8 de junio en la Feria del Libro de Madrid

Editorial: CSIC y Catarata
 ISBN: 978-84-00-09047-0
 Páginas: 146
 Formato: 13,5x21



Comité de redacción

Fe de Errores

En la última edición de la revista RADIOPROTECCIÓN Nº 63, se daba cuenta de la toma de posesión del presidente del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), D. Cayetano López en presencia de la ministra de Ciencia e Innovación; y por error, la fotografía que acompañaba a la noticia no correspondía a dicho acto sino a la toma de posesión como secretario de Estado de Innovación de Felipe Petriz.

CONVOCATORIAS 2010

"más información en www.sepr.es"

AGOSTO

• Decommissioning, Decontamination & Reutilization Topical Meeting (DD&R 2010)

Del 29 de agosto al 2 de septiembre en Idaho, EE UU.
Más información: www.ddrtopical2010.org

SEPTIEMBRE

• International Conference on Radiation Protection in Medicine

Del 1 al 3 de septiembre en Varna, Bulgaria.
Más información: www.rpm2010.org

• 38th Annual Meeting of the European Radiation Research Society

Del 5 al 9 de septiembre en Estocolmo, Suecia.
Más información: www.err2010.eu

• European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO 29)

Del 12 al 16 de septiembre en Barcelona.
Más información: www.estro-events.org

• 16th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD 16)

Del 19 al 24 de septiembre en Sydney, Australia. Más información: www.uow.edu.au/conferences/SSD16

• VI Jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental

Del 20 al 23 de septiembre en Cáceres. Más información: www.unex.es/eweb/calidadcaceres2010

• Journées SFRP sur 'L'optimisation de la radioprotection dans les domaines électronucléaire, industriel et médical'

Del 29 al 30 de septiembre en Saint Malo, Francia.
Más información: www.sfrp.asso.fr

OCTUBRE

• 16th International Symposium on the Packaging and Transport of Radioactive Materials (PATRAM 2010)

Del 3 al 8 de octubre en Londres, Reino Unido. Más información: www.patram2010.org

• 36^a Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española

Del 6 al 8 de octubre en Santiago de Compostela.
Más información: www.sne.es

• EPRBioDose 2010 Conference

Del 10 al 14 de octubre en Mandelieu La Napoule, Francia.
Más información: www.iss.infn.it/eprbiiodose

• VIII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear

Del 11 al 15 de octubre en Medellín, Colombia.
Más información: acpr.org.co

• OECD/NEA Workshop on Practices and Experiences in Stakeholder Involvement for Post Nuclear Emergency Management

Del 12 al 14 de octubre en Bethesda, Maryland, USA.
Más información: www.nea.fr

• The Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications and Monte Carlo 2010: SNA+MC 2010

Del 17 al 20 de octubre en Tokio, Japón.
Más información: www.sna-mc-2010.org

• Second International MELODI Workshop

Del 18 al 20 de octubre en París, Francia.
Más información: www.melodi-online.eu

• International Conference on Challenges Faced by Technical and Scientific Support Organizations (TSO) in Enhancing Nuclear Safety and Security

Del 25 al 29 de octubre en Tokio, Japón.
Más información: www.pub.iaea.org

• International Conference on Environmental Radioactivity

Del 25 al 27 de octubre en Roma, Italia.
Más información: www.environmentalradioactivity2010.com

CURSOS 2010

Título de Especialista Profesional en Protección Radiológica en Instalaciones Radiactivas y Nucleares

Organización: Curso dirigido por la Universidad Politécnica de Valencia en colaboración con TITANIA. Participación de las siguientes entidades: LAINSA, Hospital Clínico Universitario, Hospital La Fe, Centro de Investigación Príncipe Felipe, etc.

Contenido: El curso consiste en un Módulo General Común y Módulos Específicos correspondientes a cada campo de aplicación: Instalaciones Radiactivas e Instalaciones Nucleares. Modalidad: Semipresencial.

Inicio Curso: 20/09/2010. Matrícula abierta, plazas limitadas.

Dirigido a: Interesados en el campo para adquirir conocimientos generales y específicos necesarios al desarrollar tareas relacionadas con la Protección Radiológica.

Titulación mínima: FP II, COU, acceso universidad o equivalente

Información de contacto: Información e inscripción disponible a través de: <http://especialistapr.blogspot.com>

Cualquier duda dirijase a: especialistapr@upv.es

• Training course on preparedness and response for nuclear or radiological emergencies

• Curso organizado por el SCK CEN, Centro de Investigación Nuclear belga de Mol.

• Lugar y fecha: del 4 al 8 octubre 2010 en Mol, Bélgica.

• Objetivos: el objetivo principal de este curso es proporcionar conocimientos básicos y consejos prácticos para todas las partes involucradas en la planificación y respuesta ante emergencias. Por ejemplo, asesores técnicos y radiológicos, personal responsable de la organización de emergencias en general, técnicos de protección civil y técnicos de protección del medio ambiente. El curso ofrece una visión global de la gestión de emergencias nucleares y radiológicas en Europa

• Este curso ya se ha organizado varias veces en Mol y ha sido revisado en profundidad en el marco del proyecto EURANOS de la UE. La edición actual se establece en el contexto del desarrollo de un programa de formación supranacional, tal como se formuló por la plataforma europea de emergencia y preparación y respuesta post-accidente (www.eu-neris.net).

• Para más información, consultar la página web: www.sckcen.be/en/Events/TCMOL_Emergency

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

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
- Reseñas 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, tiff, 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.

La página Web de la SEPR

Como ya anunciamos en otros números de **RADIOPROTECCIÓN**, una de las mejoras que iban a producirse en la página web era la incorporación de fichas de datos de interés para la Protección Radiológica, en español, de 144 radioisótopos que se emplean en aplicaciones médicas, industriales o de investigación.

Muchos ya observaron que, al validarse en la web como usuario, aparece un nuevo formulario con el título Radioisótopos (ver figura 1).

La herramienta se ha diseñado de forma que sea sencilla de utilizar y de rápido uso y descarga, para su uso exclusivo a través de la Web, y no de forma impresa. Las fichas se presentan mediante imágenes generadas previamente a partir de una base de datos realizada en Access y un posterior tratamiento informático. Un ejemplo del aspecto que finalmente poseen esas fichas se muestra en la figura 2.

Para obtener buenas imágenes es posible que se deba ajustar la resolución del explorador. Habitualmente esto se realiza pulsando simultáneamente las teclas control (Ctrl) y + ó -, según se necesite aumentar o disminuir respectivamente, mientras se visualiza la imagen en el explorador de internet.

Los datos que contienen las fichas, así como el formato general de las mismas, se han obtenido de la publicación "Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook 2002" publicado en Radiation Protection Dosimetry (Vol 98, No 1) en 2002 por Delacroix, Guerre, Leblanc y Hickman.

La tarea de realización de la base de datos a partir de la que se han generado estas fichas, ha supuesto un arduo esfuerzo por parte de un equipo formado por: Borja Bravo, Teresa Durán, Cristina Garrido, Paloma Marchena, Juan Carlos Mora, Beatriz Robles y Fernando Usera. Además, se ha llevado a cabo un proceso de control de calidad de los datos por parte de Teresa Navarro y Juan Carlos Mora.

Esa base de datos, evidentemente, es susceptible de ser ampliada con nuevos datos para los radioisótopos y/o nuevos radioisótopos, en el caso que los socios así lo requirieran y siempre que los datos se encuentren disponibles. Para ello os emplazamos a realizar vuestras sugerencias, como siempre, a través del foro de socios.

En el momento en el que se realiza esta publicación el número de radioisótopos para los que ya se han generado las imágenes es de aproximadamente 70, por lo que restarán otros 70 más o menos que irán publicándose en la Web a medida que se vayan generando.

Para conocer los radioisótopos disponibles, así como el significado del código de colores utilizado en las fichas, se ha generado un documento, al que puede accederse a través de la sección Descargables de la Web (Documentos Internos SEPR), o bien mediante el enlace situado en el propio formulario de Radioisótopos.

Todo el trabajo ha sido realizado, como todo lo que se hace para la SEPR, con afán de crear herramientas que resulten útiles para los socios. Por ello esperamos que el resultado sea de interés.

Desde luego, y como siempre, estamos a la disposición de los socios y deseamos recibir sus comentarios, agradables o no, ya sea por email o a través del Foro.

Figura 1.- Formulario de fichas de radioisótopos



Figura 2.- Ejemplo de fichas de radioisótopos tal y como aparecen en www.sepr.es

Juan Carlos Mora
Coordinador de la página web de la SEPR



LA SEGURIDAD ES NUESTRO PRIMER Y MÁS IMPORTANTE PRINCIPIO

Socios colaboradores de la SEPR



ASOCIACIÓN NUCLEAR
ASCO - VANDELLÒS II, A.I.E.

