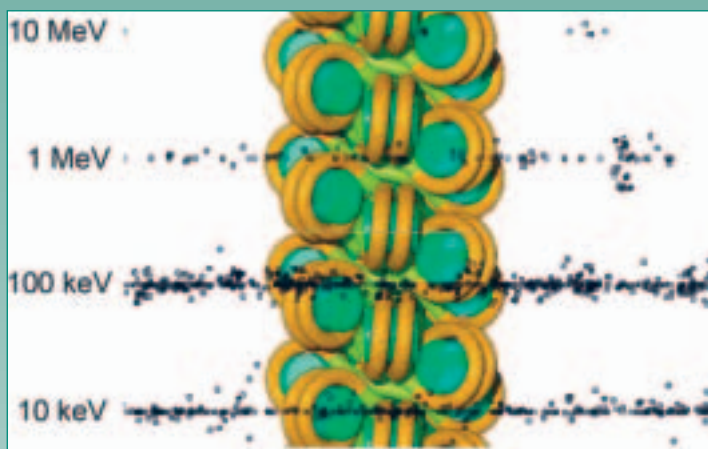


# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## ▲ Entrevista:

**Manuel Fernández Bordes**

*Presidente de la Sociedad Española de Física Médica*

▲ **Restricciones y recomendaciones que debe seguir el paciente tratado con I-131**

▲ **Simulación Monte Carlo del transporte de la radiación**

▲ **Estudio comparativo sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española**

▲ **Planificación de emergencias radiológicas en España**

▲ **Nota Técnica**

Nº 31 • Vol. IX • 2002



**Secretaría Técnica**

Capitán Haya, 60 - 28020 Madrid  
Tel.: 91 749 95 17 - Fax: 91 749 95 03  
e-mail: secretaria.sociedades@medynet.com

**Junta Directiva**

Presidente: *Ignacio Hernando*  
Vicepresidente: *Pedro Carboneras*  
Vicepresidente (IX Congreso): *Fernando Legarda*  
Secretaria: *María Luisa España*  
Tesorero: *Eduardo Gallego*  
Vocales: *Juan Manuel Campayo, Antonio Delgado, Belén Fernández, María Jesús Muñoz, Paloma Marchena*

**Comisión de Asuntos Institucionales**

*Leopoldo Arranz, David Cancio, Pío Carmena, Eugenio Gil, Juan José Peña, Montserrat Rivas*  
Responsable: *Ignacio Hernando*.

**Comisión de Actividades Científicas**

*Ignacio Amor, Josep Baró, Jerónimo Íñiguez, Fernando Legarda, M<sup>o</sup> Teresa Macías, Patricio O'Donell, Pilar Olivares, Juan José Peña, Rafael Ruiz*  
Responsable: *Pedro Carboneras*.

**Comisión de Normativa**

*M<sup>o</sup> Luisa Chapel, Isabel Gutiérrez, Mercè Ginjaupe, Araceli Hernández, Jerónimo Íñiguez, M<sup>o</sup> Jesús Muñoz, Teresa Ortiz, Turiano Picazo, Eduardo Sollet*  
Responsable: *María Luisa España*.

**Comisión de Comunicación y Publicaciones**

*Beatriz Gómez-Argüello, José Gutiérrez, Olvido Guzman, M<sup>o</sup> Teresa Macías, Carlos Prieto, Almudena del Real, Eduardo Sollet*  
Responsable: *Paloma Marchena*.

**Comisión de Asuntos Económicos y Financieros**

*Mercedes Bezares, Pío Carmena, Jesús de Frutos, Antonio López Romero, Marisa Marco, Patricio O'Donell, María Teresa Ortiz,*  
Responsable: *Eduardo Gallego*.

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Directora:** *Pilar López Franco*

**Coordinadora:** *Almudena del Real*

**Comité de Redacción**

*Beatriz Gómez-Argüello, Pilar López Franco, Paloma Marchena, Matilde Pelegrí, Carlos Prieto, Almudena del Real, Ángeles Sánchez, M<sup>o</sup> Luisa Sánchez Mayoral y Marina Tellez.*

**Comité Científico**

Presidente: *Agustín Alonso*  
*David Cancio, Felipe Cortés, Antonio Delgado, Eugenio Gil, Araceli Hernández, Ignacio Hernando, Rafael Herranz, Ignacio Lequerica, María Teresa Macías, Xavier Ortega, Pedro Ortiz, Teresa Ortiz, Luis Quindós, Guillermo Sánchez, Vicente Serradell, Eduardo Sollet, Luis Tobajas, Alejandro Úbeda, Eliseo Vaño.*

**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  
e-mail: senda@sendaeditorial.com

**Imprime:** Neografis, S.L.

**Fotomecánica:** Gráficas 4, S.A.

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



## S U M A R I O

• Editorial	<b>3</b>
• Noticias	<b>4</b>
- de la SEPR	4
- de España	54
- del Mundo	57
• Entrevista	<b>8</b>
<i>Manuel Fernández Bordes.</i>	
<i>Presidente de la Sociedad Española de Física Médica</i>	
• Colaboraciones	<b>12</b>
- Personalización de las restricciones y recomendaciones que debe seguir el paciente tratado con I-131. Una experiencia de dos años (2000-2001)	12
<i>M.A. Rivas Ballarín, P. Ruiz Manzano, A. Hernández Vitoria, F. Lozano Flores, P. Ortega Pardina.</i>	
- Simulación Monte Carlo del transporte de la radiación. Aplicaciones en el campo de la física médica.	18
<i>Josep Sempau.</i>	
- Estudio comparativo sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española.	27
<i>Ana Suárez y Beatriz Robles.</i>	
- Planificación de emergencias radiológicas en España. Revisión del Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLABEN)	34
<i>Juan Carlos Lentijo Lentijo y Margarita Vila.</i>	
• Nota Técnica	<b>40</b>
- Cambios en la normativa aplicable a las instalaciones radiactivas y actividades conexas.	
<i>Manuel Rodríguez Martí e Ignacio Lequerica Pérez.</i>	
• Proyectos de Investigación	<b>53</b>
• Publicaciones y Convocatorias	<b>59</b>

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 comparte necesariamente.

# Editorial

Próxima ya la celebración del Congreso de Bilbao, donde, sin duda alguna, nuestra participación y asistencia es lo esencial de ese evento, deseamos desde estas líneas animaros para hacer realidad un encuentro en el que la participación, el diálogo y el cambio de opiniones serán indiscutiblemente enriquecedores para todos. La variedad de asistentes, pertenecientes a las distintas áreas de la Protección Radiológica, nos permitirá contemplarla desde distintas vertientes, contribuyendo a ampliar nuestros horizontes e interrelacionar nuestros conocimientos.

Dentro del espíritu de colaboración y buena relación, que en la actualidad existe entre la Sociedad Española de Protección Radiológica y la Sociedad Española de Física Médica, se ha creado un Foro con el Consejo de Seguridad Nuclear. Dentro de este Foro, existen varios grupos de trabajo; uno de ellos ha elaborado el manual de Protección Radiológica para el Medio Hospitalario, que ya está disponible en la página web de ambas Sociedades; cada Centro tendrá que adecuarlo a su realidad concreta. Otros grupos de trabajo dentro de este Foro prosiguen sus actividades específicas.

Finalmente, como ya es conocido, ha cambiado la Dirección del Comité Científico y la Dirección de la revista, junto con algunos miembros del comité de redacción y del comité científico. Desde aquí deseamos agradecer la dedicación y entusiasmo con que han trabajado en la revista nuestros compañeros; dedicación y entusiasmo que la nueva Dirección desea transmitir a todos los asociados, ya que vosotros sois la parte esencial para que la revista siga avanzando en la línea que todos deseamos: la optimización de la protección radiológica.

El principio de optimización, aplicado a nuestra actividad profesional, y referido no solamente a profesionales expuestos a radiaciones ionizantes, sino también a pacientes y miembros del público, debe presidir cada acto de nuestro quehacer diario, para que podamos avanzar en la tarea que todos tenemos en común, que nos confiere ser los continuadores del espíritu de aquel grupo de dieciocho científicos que a principios del siglo pasado firmaron el Manifiesto de Gotinga, comprometiéndose, con ellos mismos y con la sociedad a la que pertenecían, en la utilización pacífica de la energía atómica y del uso de las radiaciones ionizantes.



## Entrevista con **Manuel Fernández Bordes**

### Presidente de la Sociedad Española de Física Médica

*Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Sevilla, Manuel Fernández Bordes ha desarrollado su actividad profesional en la ciudad de Salamanca, donde se inició en el campo de la Física Médica en el año 1977 después de su paso por el Hospital Clínico Universitario de Valencia.*

*Actualmente es Jefe del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Universitario de Salamanca, responsabilidad que asumió en 1989, Profesor Asociado en Física Médica de la Universidad de Salamanca y desde 1999 es Presidente de la Sociedad Española de Física Médica.*



#### **LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA**

Creada en el año 1972 y consolidada en 1974, la Sociedad Española de Física Médica está compuesta por más de cuatrocientos socios españoles y extranjeros. "De todos estos socios", explica Manuel Fernández Bordes, "el 87% son especialistas en Radiofísica Hospitalaria. El resto pertenece a Universidades que cuentan con Departamentos de Física Médica, o físicos e ingenieros que trabajan en instituciones y empresas que tienen relación con este campo de la medicina".

Como toda sociedad científica, la de Física Médica cuenta con una serie de

actividades que realiza regularmente, la organización de congresos o la formación continuada de sus miembros, a través de cursos, o grupos de trabajo que desarrollan documentos técnicos; éstas actividades científicas son las más importantes. Precisamente en esta última el Presidente hace un especial hincapié. "Nos estamos esforzando mucho en este sentido. Cuando salió la especialidad de Radiofísica Hospitalaria, la Sociedad se planteó organizar cursos que estuvieran homologados por algún organismo. El desarrollo de esta idea ha sido adecuado y muy bien aceptado, y es el propio Ministerio de Sanidad y Consumo el que homologa nuestros cursos de ámbito

sanitario. En estos momentos se están impartiendo 10, y ya se están preparando 14 para el bienio 2003-2004".

Además de la formación, la Sociedad Española de Física Médica apoya la divulgación científica de todos sus conocimientos mediante la edición de una revista FÍSICA MEDICA, en lengua castellana.

Por otro lado, esta institución también quiere unirse a los nuevos tiempos, y para ello creó una página web, donde se exponen todos los documentos técnicos y científicos desarrollados por la sociedad y en la que, además, se pretende realizar foros de debate por áreas temáticas.



Un momento de la entrevista. De izquierda a derecha: Igancio Hernando, Presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Manuel Fernández Bordes y Pilar López Franco, Directora del Comité de Redacción.

## EL FORO HOSPITALARIO

Pero quizás la apuesta más importante que está realizando la Sociedad en estos momentos es la creación, escasamente hace un año, de un Foro de ámbito hospitalario constituido por la Sociedad Española de Física Médica, la Sociedad Española de Protección Radiológica y el Consejo de Seguridad Nuclear.

"Con esta iniciativa del CSN", explica el presidente de la SEFM, "se pretende analizar puntos de encuentro sobre temas específicos y armonizar documentos que desde la óptica de las dos Sociedades y del Consejo ayuden a nuestro trabajo en el ámbito hospitalario. Debo reconocer que estamos muy orgullosos de su desarrollo".

Este Foro está constituido por representantes de cada una de las Sociedades, que son los encargados de revisar y elaborar los temas. Hasta el momento se han identificado 16 puntos donde trabajar y se acaba de cerrar uno muy importante con el Nuevo Reglamento de Protección Sanitaria contra radiaciones ionizantes. "El día 26 de enero se cumplió el plazo para

tener un documento que sirviera de manual de protección radiológica a cada Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica, adaptado por la nueva legislación. En este sentido se ha conseguido elaborar un documento, en el que han colaborado cerca de veinte profesionales. Ahora mismo se encuentra en la página web de ambas Sociedades y cualquier persona que lo desee puede acceder al mismo, bajárselo, y adecuarlo e incorporarlo a su servicio o unidad técnica de protección radiológica." En este momento se está trabajando en una segunda versión, que armonizará diferentes aspectos, y estará en las web de ambas Sociedades en el próximo mes.

Además, diferentes grupos del Foro están trabajando sobre temas como efluentes radiactivos, residuos radiactivos, metrología, etc., que verán la luz en el futuro cercano.

## EL FUTURO PROFESIONAL

Una de las cuestiones más importantes dentro de esta área de conocimiento de la Física, es saber cuáles son las

cualidades y la formación que debe tener un experto en Protección Radiológica en el ámbito hospitalario. A este respecto, el presidente de la Sociedad Española de Física Médica comenta que "un experto en Protección Radiológica en el ámbito hospitalario debe tener un conocimiento profundo de las instalaciones sanitarias y médicas y de la idiosincrasia del trabajo y de todo el ámbito que le rodea. Esto requiere pasar varios años de trabajo en un hospital y tener una formación integrada en teoría y en experiencia. Además, debe ser consciente del paciente, que es la figura sobre la que pivota todo nuestro trabajo".

Para Manuel Fernández Bordes, "esta especialidad es multidisciplinar, y requiere del trabajo con pacientes, con profesionales de otras especialidades, son muchas las personas implicadas en la protección radiológica y es muy importante conocer el rango de responsabilidad de cada uno y saber, por tanto, hasta dónde se puede llegar en la propia actividad. Desde mi punto de vista, en nuestra especialidad, actualmente, todo es protección radiológica, ya sea en radioterapia, medicina nuclear o radiodiagnóstico, y es imposible separar la radiofísica y la física médica en el campo hospitalario de la protección radiológica. Lo que sí hay que tener muy claro es el ámbito de actuación de cada uno y su grado de responsabilidad".

Aunque en estos momentos la ley dice que únicamente en el ámbito público se requieren especialistas en radiofísica hospitalaria, para ser responsable de la protección radiológica, para el presidente de la SEFM "cualquier ámbito hospitalario, ya sea público o privado, debería contar con estos especialistas, y ser responsables y expertos en protección radiológica en el ámbito sanitario, y cree que el futuro nos dará la razón."



"Comenta que se abren camino en el campo sanitario dentro de esta especialidad las radiaciones no ionizantes donde, los ultrasonidos, RF, láser, microondas/onda corta, biofotónica, etc., y en los que la dosimetría física y clínica así como la vigilancia radiológica asociada desarrolla nuevos campos en la física médica".

### **LAS TRANSFERENCIAS SANITARIAS**

Ha sido en enero de este año cuando ha culminado el proceso de transferencias de las competencias en materia de sanidad desde la Administración Central a las Autonomías. Para nuestro entrevistado "queda por saber qué modelo de sanidad va a aplicar cada una de las Comunidades Autónomas", aunque a título personal aclara que "creo que no va a diferir mucho del trabajo y competencias que tenía el modelo del INSALUD. El reto está en ver cómo armoniza la Comisión Interterritorial esta

sanidad entre todas las Comunidades Autónomas."

En cuanto a la incidencia de estos trasposos en el trabajo cotidiano de la Sociedad o de los especialistas de radiofísica médica "creo que nuestra actividad va a cambiar muy poco, porque el INSALUD diseñó unos servicios que tienen unas áreas claramente defi-

*"Cualquier ámbito hospitalario, ya sea público o privado, debería contar con especialistas en radiofísica, responsables y expertos en protección radiológica en el ámbito hospitalario."*

nidas independientemente de los nuevos hospitales y servicios que se construyan o se incorporen al sistema, pero sí es verdad que queda por ver temas nuevos como la adquisición de equipos de alta tecnología, la implantación de sistemas de información de radiología digital -que va a suponer una nueva revolución-, con su implantación en los servicios y hospitales. Además de la incorporación del PET en la Medicina Nuclear, o la radioterapia intravascular, etc. En este sentido, debemos esperar para ver cómo evoluciona el proceso, y estar lo mejor preparados posibles".

### **LA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS. UN TEMA CRUCIAL**

El control y la calibración de las fuentes es uno de los temas que más preocupan en la actualidad a los especialistas. Como profesional implicado en esta materia, Manuel Fernández Bordes nos expone su opinión.

"Tal vez sea éste el tema que más nos preocupe en este momento como especialistas en la sanidad. Es más, no quisiera calificarla como grave pero sí de futuro incierto".

La Sociedad Española de Física Médica tiene elaborado un documento sobre los problemas metrológicos en el ámbito hospitalario que son de conocimiento de las autoridades sanitarias. "Sobre el tema puntual de la braquiterapia, hemos hecho llegar a los Ministerios y a la Ponencia de Protección Radiológica de la Comisión Interterritorial del Sistema Nacional de Salud nuestro análisis, en el que exponemos la carencia en la calibración de las fuentes y equipos en uso. Hay que tener en cuenta que si surge un problema de calibración en un hospital y tiene una consecuencia médica, la responsabilidad es del especialista y actualmente de las autoridades".



"Son unos 40 hospitales los que carecen de este tipo de calibración y, en este sentido, las dos Sociedades, desde el Foro, hemos pedido ayuda al Consejo de Seguridad Nuclear, del que hemos tenido una respuesta que nos satisface por lo esperanzadora pero "sabemos que la solución del problema no está en el CSN, sino en los Ministerios de Ciencia y Tecnología, ya que no contamos con un centro metrológico correcto para las necesidades de este país".

"Como medida provisional, varios hospitales están trabajando conjuntamente para dar solución a este problema enviando equipos a calibrar fuera de España, para realizar posteriormente una intercomparación. Las soluciones que brinda el CIEMAT nos parece que tienen poco futuro, muy colapsado, y sin desarrollo por parte del Ministerio correspondiente. No pretendemos decir cuál es la solución, pero sí es evidente que debe existir un centro metrológico o varios, que den respuesta conjuntamente a las necesidades que existen en esta materia". Es este momento se está elaborando un documento que el FORO ofrecerá al CSN para su defensa y que si es necesario se llevará al Congreso de los Diputados para que se estudie el tema.

Manuel Fernández Bordes reconoce que "esta problemática no es nueva, viene ya desde hace diez años, pero cada vez es más grave. En términos económicos no es significativo, según los análisis que hemos hecho, pero ningún organismo asume su solución".

### **LA INFORMACIÓN AL PACIENTE Y AL PROFESIONAL**

Es una labor destacada del profesional de la protección radiológica informar tanto al paciente como al profesional que trabaja en el hospital sobre las

radiaciones que se están utilizando en el tratamiento.

Para Manuel Fernández Bordes, éste es un tema muy importante "que se puede tocar desde varias facetas. Por un lado está el paciente, que tiene un desconocimiento de las radiaciones ionizantes y desea informarse sobre su tratamiento. Aquí, la mejor información es el bien hacer de su tratamiento o exploración. En este sentido, la Sociedad Española de Protección Radiológica ha publicado recientemente en su revista un informe exhaustivo sobre la percepción del riesgo, en el que se analizan estas situaciones. Desde mi punto de vista, mi experiencia me dice que hay que ser muy prudente en la manera de tratar estos temas con el paciente".

"En segundo lugar, también hay que dar información al profesional médico, y creo que de manera prioritaria. Es evidente que estos dos colectivos, pacientes y médicos, deben tener información sobre el riesgo radiológico, pero de distinta manera. Los pacientes tienen mucha confianza en los médicos, no ponen en duda lo que les

prescriben. El médico, por su parte, debe contar con una información exhaustiva que le permita dar el uso y tratamiento óptimo".

"Sobre esta materia, ambas Sociedades trabajan para dar información, de una manera armonizada. Ese es uno de los esfuerzos que tenemos más claramente definidos para el año 2002 en el área de formación".

En el Foro se ha elaborado ya una documentación para el tratamiento del feto y para conocimiento de la embarazada y del ginecólogo, referente al uso de las radiaciones ionizantes en el diagnóstico o en una terapia que se vaya a llevar a cabo. "Se está preparando documentación reglada en este sentido y queremos que la divulgación sea extensiva y que llegue al médico que prescribe".

El presidente de la SEFM incide en un tema de interés especial. "Hay que tener en cuenta que en las urgencias la información y la formación del médico debe ser especialmente exhaustiva. La medicina defensiva en las áreas de urgencias es clara, y al médico le es muy difícil luchar contra ello, porque se ha generado una cultura según la cual si no se pide un estudio radiológico parece que no se ha diagnosticado correctamente. Por ello, creo que es fundamental inducir la formación en sanidad y salud preventiva desde los primeros años de vida".

### **LAS DOS SOCIEDADES**

A lo largo de la entrevista han surgido diversas iniciativas conjuntas de las Sociedades de física médica y de protección radiológica. En cualquier caso, Manuel Fernández Bordes confirma la buena relación, y en muchos casos las coincidencias en los propios socios.

"Tenemos objetivos y proyectos coincidentes y estamos convencidos de la eficacia del trabajo conjunto. En esa línea estamos avanzando".

*"Hay que tener en cuenta que, en las urgencias, la información y la formación del médico debe ser especialmente exhaustiva. Es fundamental inducir la formación en sanidad y salud preventiva desde los primeros años de vida"*

# Personalización de las restricciones y recomendaciones que debe seguir el paciente tratado con I-131. Una experiencia de dos años (2000-2001)

M.A. Rivas Ballarín, P. Ruiz Manzano, A. Hernández Vitoria, F. Lozano Flores, P. Ortega Pardina  
Servicio de Física y Protección Radiológica. Hospital Clínico Universitario "Lozano Blesa"

## RESUMEN

El objeto de este trabajo es establecer criterios para el alta personalizada de los pacientes tratados con I-131 en función de su situación familiar y sociolaboral, teniendo en cuenta el nuevo Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes y las recomendaciones de documentos europeos relativos al tema.

Se propone un desarrollo matemático y una estimación de condiciones de convivencia normales para calcular el número de días (Tcr) que el paciente debe observar un comportamiento sujeto a restricciones que limiten la exposición de sus familiares y personas próximas, tanto en el caso de los pacientes de cáncer de tiroides como en los de hipertiroidismo, a valores inferiores a las restricciones de dosis establecidas en el Documento de la Comisión Europea "Protección Radiológica después de una terapia con yodo 131 (exposición debida al contacto con pacientes ambulatorios o dados de alta)" de 1998.

Se analizan los resultados obtenidos por este sistema de altas bajo restricciones durante los dos años que se ha aplicado en el Hospital Clínico Universitario "Lozano Blesa" de Zaragoza, donde el valor medio de la tasa de dosis a 1 metro ha sido de 16,6  $\mu\text{Sv/h}$  el día de alta, tras permanecer el paciente hospitalizado durante una media de 48 horas.

Se presentan algunos resultados obtenidos para cada uno de los tres tipos de tratamiento considerados en este trabajo.

## INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones médicas más frecuentes que dan lugar a la exposición a radiaciones de familiares, personas próximas o público en general es el tratamiento de las enfermedades de tiroides con yodo radiactivo. Para

disminuir esa exposición, en el caso de las patologías malignas, se ingresa al paciente en habitaciones blindadas durante un cierto número de días, que es variable de unos hospitales a otros. Una vez dados de alta se les suelen entregar instrucciones escritas ten-

dentes a evitar la contaminación de personas en contacto con el paciente y a reducir en lo posible la irradiación producida a esas personas. Puesto que la situación familiar y laboral de los pacientes puede variar mucho entre unos y otros, es interesante establecer

## SUMMARY

The aim of this study is to set criteria for discharging patients treated with I-131, bearing in mind their familiar, social and working status, according to the new Spanish legislation on radiological protection and European Guides related to the subject.

A mathematical development and a normal contact pattern are proposed to calculate the period of restriction Tcr on the behaviour of the patients, so that the dose to their family friends and colleagues, both in thyroid carcinoma and hyperthyroidism, is within the dose constraints established in the European Guide "Radiation Protection following iodine-131 therapy (exposures due to out-patient or discharged in-patients)" published in 1998. This system has been applied during the last two years in Hospital Clínico Universitario "Lozano Blesa" of Zaragoza, where the mean dose rate at 1 meter was 16,6  $\mu\text{Sv/h}$  on the day of discharge, after being in hospital for about 48 hours. Some results obtained for the three types of treatment are presented.





critérios para el alta personalizada de los pacientes tratados con I-131 en función de dichas condiciones. De esta forma, no es necesario condicionar el alta a que se haya alcanzado un valor concreto de tasa de dosis, sino a que las restricciones que puedan imponerse aseguren que las dosis de radiación en el entorno del paciente sean inferiores a los límites o restricciones de dosis aplicables. Se ha tomando en consideración que, según se contempla en el nuevo *Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes* (1), a "la exposición de personas deliberada y voluntaria de personas, cuando ello no constituya parte de su ocupación, para ayudar o aliviar a pacientes en diagnóstico o tratamiento médico" no se les debe aplicar el principio de limitación de dosis, sino que deberán "incluirse restricciones de dosis en los procedimientos aplicables a esas personas". Durante los dos últimos años en el Hospital Clínico Universitario "Lozano Blesa" de Zaragoza, se han venido aplicando unos criterios personalizados de alta basados en lo anteriormente expuesto.

Para los pacientes hipertiroideos, tratados de forma ambulatoria, se han establecido también restricciones sobre sus condiciones de vida al objeto de disminuir las dosis de radiación a familiares y personas de su entorno.

## Metodología

### Restricciones de dosis

El *Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes* establece que las restricciones de dosis para las personas voluntarias que resultan expuestas a radiaciones ionizantes, como consecuencia de sus cuidados a un paciente, deberán basarse en

las orientaciones que establezca el Ministerio de Sanidad y Consumo. En tanto esas orientaciones no sean hechas públicas, consideramos oportuno guiarse por las restricciones establecidas para este tipo de pacientes en el documento de la Comisión Europea denominado *Protección radiológica después de una terapia con I-131* (2).

Los valores de restricciones de dosis propuestos en (2) son los de la tabla 1.

Con relación a terceras personas que, sin estar al cuidado de los pacientes, pudieran verse expuestas a radiaciones procedentes de los mismos (compañeros de trabajo, por ejemplo), el documento (2) plantea como restricción de dosis el valor de 0,3 mSv, ya que esas personas pueden verse expuestas a otras fuentes humanas y en total no deben superar el límite anual de 1 mSv.

En el caso de los pacientes que han estado ingresados, la restricción de dosis aplicada al cónyuge menor de 60 años es de 2 mSv, en lugar de 3 mSv, ya que se tiene en cuenta que, en las visitas al paciente mientras se hallaba en el hospital ha podido recibir hasta 1 mSv, en las condiciones controladas en las que se realizan.

Para determinar las limitaciones que, una vez abandonado el hospital, deben imponerse a la vida familiar, laboral y social del paciente, se tendrá en cuenta que la dosis de radiación recibida por las personas de su entorno debidas a *irradiación* no pueden superar estos valores. Las dosis debidas a *contaminación* se consideran despre-

ciables si el paciente sigue las indicaciones que se le proporcionan para evitar la contaminación de su entorno.

### Pacientes tratados para la terapia de cáncer de tiroides

Por regla general, los pacientes tratados con I-131 para ablación de restos tiroideos o metástasis son hospitalizados y controlados radiológicamente durante el periodo de tiempo en que suponen un mayor riesgo radiológico. Al ser dados de alta, se les proporcionan las instrucciones necesarias para que las personas que permanezcan en contacto con ellos no superen ciertos valores de dosis, que en nuestro hospital son los recomendados en el Documento Europeo (2). Las instrucciones que deben seguir los pacientes y el número de días mínimo que deben cumplirlas, se calculan en función de las tasas de exposición, el ritmo de eliminación del radionucleido y la situación socio-laboral del paciente. La obtención de estos datos, referentes a su edad, situación familiar, ocupación laboral etc., se realiza a través una encuesta que el paciente rellena en el momento de su ingreso en el hospital (Anexo I). Para personalizar el criterio de alta, utilizamos como valores de vida media efectiva de la tasa de dosis a 1 metro 3 días en el caso de ablación de restos tiroideos y 5 días en el caso de metástasis, que son los recomendados por Martí y cols. (3), así como el desarrollo matemático descrito en ese trabajo, con las modificaciones que se verán más adelante.

Grupo de personas	Restricción de dosis
Niños (incluidos los no natos)	1 mSv
Adultos hasta 60 años	3 mSv
Adultos mayores de 60 años	15 mSv

Tabla 1 Restricciones de dosis para familiares y personas próximas

Además de la hoja con las instrucciones personalizadas y su duración, se entrega al paciente otra de instrucciones generales donde se explican el riesgo que él, como fuente radiactiva, puede suponer para las personas de su entorno y las precauciones que debe observar para minimizarlo. En dicha hoja se hace hincapié en que, además del riesgo de irradiación, existe un riesgo de contaminación derivado de la actividad retenida en el organismo del paciente. La eliminación de dicha actividad se realiza fundamentalmente a través de la orina, pero no es despreciable la presencia de I-131 en la saliva, (O'Doherty y cols.(4)). Por ello se recomienda a todos los pacientes no besar a ninguna persona durante los tres días posteriores al día de alta.

Pacientes tratados de hipertiroidismo

Los pacientes hipertiroides son tratados con I-131 de forma ambulatoria. Aunque la actividad es muy inferior a la administrada en cáncer de tiroides, por las características de esta patología el tiempo de residencia del radioisótopo en el tiroides del paciente es superior. Algunos autores (5,6,7) han estudiado las dosis que reciben las personas del entorno del paciente, llegando a la conclusión de que es necesario establecer restricciones sobre las condiciones de convivencia de estos pacientes, de forma que las dosis recibidas por esas personas no superen las restricciones de dosis del documento europeo (2). A estos pacientes se les entrega una hoja de instrucciones generales (Anexo II) y, en función de su situación personal y de la actividad que les ha sido administrada, se fija el periodo de tiempo durante el que deben observarlas. Para el cálculo de dicho periodo, se considera que la vida media efectiva de la tasa de dosis a 1

metro es de 7,2 días (4), muy próximo a los valores de vida media efectiva de la captación de I-131 por el tiroides descritos en (8). El desarrollo matemático es el mismo que para la ablación.

Condiciones normales de convivencia

Se han tomado como condiciones normales de convivencia diarias las propuestas en la bibliografía (4,9), excepto en el caso de los niños, para los cuales el tiempo de permanencia hemos estimado excesivo, por lo que proponemos utilizar unas condiciones que consideramos más realistas:

- *Coche privado*: chófer a 1 metro del paciente.
- *Transporte público*: pasajero a 0,1 metro del paciente.
- *Condiciones laborales*: 8 horas a un metro del compañero.
- *Cónyuge*: 6 horas a 1 metro y 8 horas a 0,1 metro.
- *Niño < 1 año*: 6 periodos de 30 minutos a 0,1 metro y 3 horas a 0,5 metros.
- *Niño 1 a 2 años*: 4 periodos de 25 minutos a 0,1 metro y 3 horas a 0,5 metros.
- *Niño 2 a 5 años*: 2 horas a 0,1 metro y 5 horas a 1 metro.
- *Niño de 5 a 11 años*: 1 hora a 0,1 metro y 5 horas a 1 metro.
- *Niño mayor de 11 años*: 1 hora a 0,1 metro y 5 horas a 1 metro.

Método de cálculo

Se trata de determinar el periodo de tiempo  $T_{cr}$  durante el cual el paciente debe desenvolverse en su medio familiar y social en unas condiciones restringidas (dormir sin compañía, permanecer a distancias superiores a 1m de sus familiares, baja laboral ...). Las ecuaciones utilizadas son las mismas de (3), con la salvedad de que, al considerar como situaciones de conviven-

cia normal distintos periodos de tiempo (horas) a determinadas distancias (metros) ( $n_i, d_i$ ), hay que introducir un sumatorio en el término de la ecuación que se refiere a éstas.

$$T_{cr} = -T_{efd} * \ln[FD(t)] \quad (1)$$

siendo

$$FD(t) = \frac{\frac{LAD}{T_{efd} * D_0} - \frac{n_r}{d_r^2}}{\left[ \left( \sum_i \frac{n_i}{d_i^2} \right) - \frac{n_r}{d_r^2} \right]} \quad (2)$$

$T_{efd}$  es la vida media efectiva de la tasa de dosis a 1 metro, expresada en días, LAD es el límite anual o restricción de dosis en mSv,  $D_0$  es la tasa de dosis medida a 1 metro del paciente el día de alta en mSv/h, en el caso de pacientes ingresados, o calculada a partir de la actividad administrada al paciente, en los hipertiroides. Los valores  $n_r$  y  $d_r$  representan respectivamente el tiempo diario (horas), durante el cual puede permanecer a la distancia especificada  $d_r$  (metros) de otras personas, durante el periodo de restricciones.

Este método supone que la tasa de dosis en las proximidades del paciente sigue la ley del inverso del cuadrado de la distancia, pero el paciente no se comporta como una fuente puntual, ya que el I-131 está repartido por todo su cuerpo de forma no uniforme, por lo que esta suposición sólo es adecuada para distancias superiores a 0,5 metros. En la práctica, de los valores publicados por O'Doherty y cols. (4), podemos deducir que la tasa de dosis real a 0,1 metro es inferior en un factor comprendido entre 12 (primer día) y 20 (décimo día) a la que se obtendría al



aplicar la ley del inverso del cuadrado de la distancia a la tasa de dosis a 1 metro. Por lo tanto, usar estas ecuaciones para el cálculo de  $T_{cr}$  da lugar a la aplicación de restricciones demasiado severas, ya que se utiliza una tasa de dosis a 0,1 metro muy superior a la real. Como corrección, sugerimos tomar como valor de tasa de dosis a 0,1 metro el que se obtendría a 0,4 metros si aplicáramos la ley del inverso del cuadrado de la distancia a la tasa de dosis a 1 metro. Es decir, en vez de introducir en las ecuaciones la distancia 0,1 metros, introducir 0,4 metros. Así se reduce el valor de la tasa de dosis a 0,1 metro usada en la ecuación en un factor 16. De esta manera podemos utilizar las ecuaciones anteriormente mencionadas para obtener de una manera más realista el valor de  $T_{cr}$ .

## RESULTADOS

Durante los años 2000 y 2001, 129 pacientes han sido ingresados en el hospital para el tratamiento con I-131

de restos tiroideos o metástasis. La duración de su estancia ha sido normalmente de lunes a miércoles. El valor medio es de 1,99 días y la mediana y el percentil 75 es 2 días (5 pacientes estuvieron 1 día, 121 paciente 2 días, 2 paciente 3 días y 1 paciente 4 días).

Como puede verse en la figura 1, el 50 % de estos pacientes fueron dados de alta con unos valores de tasa de dosis a 1 metro inferiores a 13  $\mu\text{Sv/h}$  y el 75 % de los mismos con un valor inferior a 22,3  $\mu\text{Sv/h}$ . El valor medio de la tasa de dosis a 1 m es de 16,6  $\mu\text{Sv/h}$ .

Las restricciones impuestas a la mayor parte de los pacientes han sido dormir sin compañía y, en caso de tener hijos pequeños, trasladarlos a otra vivienda si son bebés o mantenerse a más de 1,5 metros de ellos. La duración del periodo de restricciones depende de la tasa de dosis que presentaban, pero por término medio los valores han sido 3 días.

En todo caso, en función de la tasa de dosis a 1 metro que presente el

paciente, las restricciones que se le impongan pueden ser más o menos exigentes. De esta forma, un paciente, que tras 48 horas ingresado presentaba una tasa de dosis a 1 metro de 47  $\mu\text{Sv/h}$ , fue dado de alta con restricciones severas (durante los 7 días siguientes debía dormir solo, permanecer a más de 1 m de distancia durante no más de 1 hora diaria de sus familiares y no asistir al trabajo). Estas condiciones no eran difíciles de cumplir, ya que el paciente se marchaba él solo a vivir durante ese periodo en un apartamento de la costa.

Como ejemplo de los resultados obtenidos se muestran en las tablas 1, 2 y 3 los valores de  $T_{cr}$  para diferentes situaciones.

Los cálculos se realizan en una hoja Excel, lo cual resulta muy cómodo para obtener los valores de  $T_{cr}$  en función del resto de los parámetros.

## CONCLUSIONES

Las ecuaciones y condiciones descritas anteriormente nos sirven para calcular, de una forma realista y particularizada, la duración del periodo de restricciones aplicable a los pacientes tratados con I-131 para que las personas que permanezcan en contacto con ellos reciban dosis inferiores a los valores propuestos (1,2). Así, en el caso de los pacientes ingresados, a la hora de dar el alta se tiene en cuenta, además de la tasa de dosis de radiación, la edad y situación familiar y laboral de los pacientes. En cuanto a los pacientes hipertiroides, tratados de forma ambulatoria, la aplicación temporal de restricciones disminuye sensiblemente la dosis de radiación de las personas próximas al paciente.

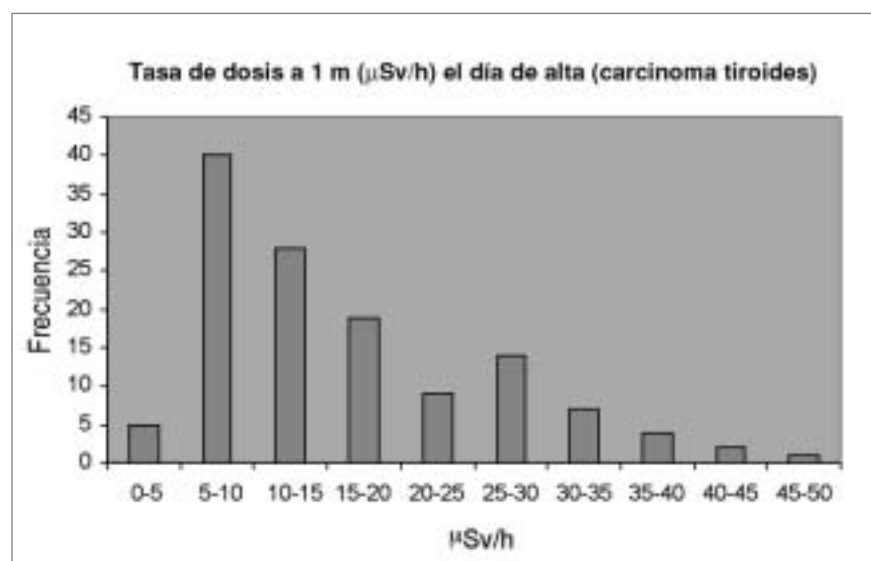


Figura 1. Tasas de dosis de alta en pacientes (carcinoma tiroides)

Tasa de dosis alta $\mu\text{Sv/h}$	Cónyuge >60 años Dormir solo	Cónyuge <60 años Dormir solo	Niños >11 años	Niños 5 - 11 años	Niños 2 - 5 años	Niños 1 - 2 años	Niños < 1 año	Compañero de trabajo
5	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0	0	1	1
20	0	2	0	0	0	1	2	1
25	0	3	0	0	1	2	3	2
30	0	3	0	0	2	3	3	3
35	0	4	0	1	2	3	4	3
40	0	5	1	1	3	4	4	3

**Tabla 1.** Días de restricciones a seguir por el paciente de tratamientos metabólicos (ablación de restos tiroideos) en función de la tasa de dosis del día de alta ( $T_{\text{efd}}=3$  días, permaneciendo a más de 1,5 metros de los niños).

Tasa de dosis alta $\mu\text{Sv/h}$	Cónyuge >60 años Dormir solo	Cónyuge <60 años Dormir solo	Niños >11 años	Niños 5 - 11 años	Niños 2 - 5 años	Niños 1 - 2 años	Niños < 1 año	Compañero de trabajo
5	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	2	0	0	0	1	2	1
15	0	4	0	0	2	4	4	3
20	0	6	0	1	3	5	6	5
25	0	8	2	2	5	7	7	6
30	0	10	3	4	6	8	9	7
35	0	11	4	5	7	9	10	8
40	0	13	5	6	9	10	10	8

**Tabla 2.** Días de restricciones a seguir por el paciente de tratamientos metabólicos (metástasis) en función de la tasa de dosis del día de alta ( $T_{\text{efd}}=5$  días, permaneciendo a más de 1,5 metros de los niños).

Actividad Admin. (mCi)	Cónyuge >60 años Dormir solo	Cónyuge <60 años Dormir solo	Niños >11 años	Niños 5 - 11 años	Niños 2 - 5 años	Niños 1 - 2 años	Niños < 1 año	Compañero de trabajo
5	0	2	0	0	2	5	6	5
10	0	9	4	5	8	11	12	10
15	0	13	8	10	13	14	16	13
20	1	17	12	14	18	18	19	15

**Tabla 3.** Días de restricciones a seguir por el hipertiroidismo en función de la Actividad administrada ( $T_{\text{efd}}=7,2$  días, permaneciendo a más de 1,5 metros de los niños).

**REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS**

- R.D. 783/2001 por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.
- Documento Comisión Europea "Protección Radiológica después de una terapia con yodo 131 (exposición debida al contacto con pacientes ambulatorios o dados de alta). Protección Radiología 97.1998
- Martí Vidal JF, Baños Capilla MC. Personalización del criterio de alta del paciente ingresado para tratamiento de restos tiroideos con I-131. Radioprotección nº 15 1997.
- O'Doherty MJ, Kettle AG, Eustance CNP, Mountford PJ, Coakley AJ. Radiation dose rates from adult patients receiving 131-I therapy for thyrotoxicosis. Nucl. Med. Commun. 1993;14:160-168
- Monsieurs M, Thierens H, Dierckx RA, Casier K, De Baere E et al. Real-life radiation burden to relatives of patients treated with iodine-131: a study in eight centres in Flanders (Belgium). Eur.J.Nucl.Med. 1998;25: 1368-1376
- Barrington SF, O'Doherty MJ, Kettle AG, Thomson WH, Mountford PJ et al. Radiation exposure of the families of outpatients treated with radioiodine (iodine-131) for hyperthyroidism. Eur.J.Nucl.Med. 1999;26: 686-692
- Reiners C, Labmann M. Radioiodine (131-I) treatment of hyperthyroidism: radiation protection and quality assurance. Eur.J.Nucl.Med. 1999;26: 683-685
- Berg GEB, Michanek AMK, Holmberg ECV, Fink M. Iodine-131 Treatment of hyperthyroidism: Significance of effective half-life measurements. J.Nucl.Med. 1996;37:228-232
- Barrington SF, Kettle AC, O'Doherty MJ, Wells OP, Domer EJR, Coakley AJ. Radiation dose rates from patients receiving iodine-131 therapy for carcinoma of the thyroid. Eur.J.Nucl.Med. 1996;23: 123-130



## ANEXO I

### FORMULARIO PARA ESTIMACIÓN DE ALTA RADIOLÓGICA DEL PACIENTE

A rellenar por el Servicio de Medicina Nuclear.

Nombre y Apellidos:

Tipo de Patología                      Ablación                      Metástasis

Actividad administrada                      mCi

Fecha Administración:

#### Características personales

Edad

Estado Civil

Grado Colaboración

Autosuficiente

#### Características de la vivienda

Superficie total

Nº de habitaciones

Baño exclusivo para el paciente

#### Características del núcleo familiar

Personas a su cuidado

Grado de colaboración

Nº de hijos

Edades

Presencia de embarazadas

Otros familiares (nietos pequeños, etc.)

#### Entorno laboral

Medio de transporte

Duración del trayecto

Puesto de trabajo

1. Los niños y las mujeres embarazadas deben de ser protegidos de forma especial frente a las radiaciones. Por ello las precauciones más importantes se refieren a ellos.

- No debe convivir con niños menores de 10 años ni con mujeres embarazadas durante el tiempo que se le indique.

- Si en otras circunstancias tiene alguna relación con niños/embarazadas durante ese periodo de tiempo permanezca al menos a 2 metros de distancia y nunca durante más de 2 horas.

- Con los niños mayores de 10 años, evite el contacto próximo.

2. Evite el embarazo (valido para mujeres y hombres) al menos durante los 6 meses siguientes al tratamiento con 131I. Si desea información sobre sistemas de anticoncepción no dude en solicitarla.

3. Deberá suspenderse la lactancia natural si es necesario efectuar el tratamiento con 131I durante ese periodo.

4. En relación con el resto de su familia, amigos y compañeros de trabajo mantenga también ciertas precauciones. Debe conocer que con personas mayores de 60 años estas precauciones pueden ser menores.

- No permanezca en contacto cercano (1 metro) más de 1 hora durante los primeros días.

- No duerma en la misma cama que su pareja durante el periodo indicado

5. Aplique también estas normas en los espectáculos públicos, en el transporte (público o privado) y en cualquier lugar en donde deba permanecer un tiempo determinado.

6. Debe lavarse las manos siempre que orine, evitar derramar la orina fuera del WC y tirar siempre de la cadena una vez utilizado el Servicio.

7. No debe compartir cubiertos, ni platos, ni toallas, ni sábanas pero no es necesario que los lave aparte.

8. No debe besar a ninguna persona durante los próximos 3 días.

9. Debe comunicar que ha recibido 131I si por algún motivo acude al Hospital en los 10 días siguientes a su administración.

## ANEXOII

### INSTRUCCIONES QUE DEBEN SEGUIR LOS PACIENTES HIPERTIROIDEOS QUE HAN RECIBIDO YODO-131 (131I).

Como ya sabe le hemos tratado con yodo (<sup>131</sup>I) para controlar su hipertiroidismo. El yodo es una sustancia radiactiva. Parte del yodo que le administramos queda retenido en el tiroides durante algún tiempo y otra parte se elimina por orina. Por ello es necesario que adopte una serie de precauciones en relación con su familia, sus compañeros de trabajo y su higiene personal que hemos tratado de recoger en estas instrucciones.

Cualquier duda que le surja tras leerlas puede comentarla con los médicos y el personal de enfermería de nuestro servicio que gustosamente las resolverán.

# Simulación Monte Carlo del transporte de la radiación. Aplicaciones en el campo de la física médica.

Josep Sempau

Institut de Tècniques Energètiques, Universitat Politècnica de Catalunya.

## RESUMEN

La simulación Monte Carlo (MC) es la mejor alternativa disponible en la actualidad para resolver el problema del transporte de la radiación en la materia cuando se trata con geometrías complejas, tales como las que se encuentran en las diversas aplicaciones médicas que utilizan radiaciones ionizantes.

En este artículo se presenta una breve descripción del funcionamiento de los algoritmos de simulación MC del transporte de fotones, electrones y positrones y se discuten algunas de las aplicaciones más relevantes en el campo de la medicina. Más concretamente, se tratan la obtención de imágenes en medicina nuclear, el diagnóstico mediante el uso de rayos x, los cálculos relacionados con la radioterapia (teleterapia, dosimetría y braquiterapia) y los estudios de microdosimetría. Es en este último campo donde, muy posiblemente, se encuentren los mayores retos de la aplicación de la física de radiaciones en medicina del siglo XXI.

## INTRODUCCIÓN

La descripción teórica del transporte de la radiación y de su interacción con la materia es uno de los temas clave de la física del siglo XX y, probablemente, lo seguirá siendo durante el XXI. El problema central consiste en determinar, para una fuente de radiación y una geometría dadas, el flujo de partículas en cada punto del espacio y en cada instante de tiempo. El flujo puede a su vez utilizarse para obtener otras magnitudes de interés, tales como la dosis absorbida.

Antes de la aparición de las máquinas computadoras, la resolución de este problema estaba inevitablemente ligada al estudio de la denominada ecuación de Boltzmann, que describe el balance entre flujos de partículas entrantes y salientes de un volumen infinitesimal. La aparición conjunta de integrales y derivadas así como el elevado número de variables involucradas (8 en total) la convierten en una de las más intratables de la física matemática, por lo que es práctica habitual recurrir a aproximaciones de diversa índole cuya validez está frecuentemente supeditada al tipo de

## ABSTRACT

Monte Carlo (MC) simulation is the most accurate technique currently available for solving problems related with the transport of radiation in complex geometries, such as those encountered in medical applications.

In this work we present a brief description of the basic features of the MC simulation of photons, electrons and positrons. Some of the most relevant applications of this technique in the field of medical physics are also discussed, namely, imaging in nuclear medicine, diagnostic radiology, calculations related with radiotherapy (i.e., teletherapy, dose planning and brachytherapy) and microdosimetry. It is foreseen that this latter field will encompass the most challenging problems for the application of radiation physics to medicine during the 21st century.

partícula y al rango de energía considerados. Incluso con el uso de modernos ordenadores, la resolución numérica de esta ecuación es sólo factible si se utilizan modelos físicos (secciones eficaces) muy simplistas y geometrías sencillas, tales como medios infinitos, láminas plano-paralelas, etc. Dichos resultados no están desprovistos de interés teórico, pero resultan totalmente insuficientes para tratar casos de interés práctico como los que se encuentran en las aplicaciones médicas, por poner un ejemplo que requiere un grado de sofisticación considerable.



En la actualidad, la mejor alternativa a la ecuación de Boltzmann se encuentra en la simulación Monte Carlo (MC en adelante). El origen de este término se remonta a los años 40, cuando un grupo de científicos que trabajaban en el proyecto Manhattan con el objetivo de desarrollar la primera arma nuclear lo usaron para denominar a una serie de técnicas de cálculo que empleaban números aleatorios. No deja de ser sorprendente que participar en un juego de azar pueda proporcionar alguna clase de resultado útil desde el punto de vista científico. Entre los pioneros que contribuyeron al avance de esta técnica cabe mencionar a J. Von Neumann, E. Fermi, N. Metropolis y S. Ulam, entre otros.

La fundamentación del método, no obstante, era conocida con anterioridad aunque no se popularizó hasta que se dispuso de la apropiada capacidad de computación. El primer caso documentado del uso de un sorteo aleatorio para solventar un problema es probablemente el del cálculo de  $\pi$ , propuesto por Laplace e inspirado en un experimento descrito con anterioridad por el Comte de Buffon en 1777. Este último calculó teóricamente (y "midió" experimentalmente) la probabilidad  $P$  de que al lanzar al azar una aguja sobre una hoja de papel sobre la cual se han dibujado líneas paralelas con cierta separación, la aguja interseccione alguna de las líneas. Resulta que  $P$  está relacionado con  $\pi$ , lo cual inspiró el método de Laplace. El lector interesado puede encontrar más información, incluyendo aplicaciones en un amplio espectro de áreas de conocimiento así como interesantes anécdotas, en las referencias [4,9].

En este trabajo nos limitaremos al transporte de fotones y electrones (neutrinos o positrones), dado que la mayor parte de aplicaciones médicas utilizan este tipo de radiación. Ello es debido básicamente a la facilidad y bajo coste con que puede producirse (en comparación con neutrones, protones e iones) y por la experiencia acumulada en la práctica clínica. Otras aplicaciones, como la BNCT (*Boron Neutron Capture Therapy*) en la que se utiliza  $^{10}\text{B}$  para capturar neutrones lentos en el interior del tejido canceroso, no serán tratadas.

Cuando un fotón o un electrón de energía elevada penetra en un medio material origina una cascada de partículas secundarias, cuyo número va en aumento al mismo tiempo que su energía media decrece. El inicio de las simulaciones de estas cascadas electromagnéticas está marcado por el trabajo de Berger en 1963[2], quien estableció las bases para realizar estos cálculos de forma efectiva y sobre las que todavía se trabaja hoy en día. Durante las décadas de los 70 y 80 aparecieron los primeros programas de propósito general capaces de simular el transporte acoplado de fotones y electrones, de entre los cuales los más populares hoy son EGS4 e ITS (véase [3]). Más recientemente, otros sistemas han ido adquiriendo una creciente popularidad, como MCNP4C, GEANT4, PENELOPE y EGSnrc (véase [5]). En particular, PENELOPE [10], desarrollado en la Universidad de Barcelona con la colaboración del autor de este artículo, está disponible de forma gratuita a través de la NEA<sup>1</sup> para los países miembros, entre ellos España, y del

RSICC (Radiation Safety Information Computational Center, Oak Ridge Natl. Lab., USA).

Todos estos programas permiten la simulación en materiales de composición arbitraria, con geometrías complejas y en un rango de energías que va desde unos keV hasta algunos GeV, aunque los extremos de este intervalo dependen en gran medida del programa considerado. Estas capacidades les convierten en herramientas idóneas para el estudio de la aplicaciones médicas de la radiación.

## **SIMULACIÓN DE FOTONES Y ELECTRONES**

Vamos a exponer en esta sección, de forma muy esquemática, el proceso de simulación del transporte de fotones y electrones.

### **Interacciones**

En el rango de energías considerado (1 keV – 1 GeV), las interacciones más relevantes de los fotones con la materia son las siguientes,

- *Dispersión Rayleigh*. El átomo absorbe y reemite un fotón cambiando su dirección. No se altera ni la energía del fotón ni el estado del átomo.
- *Efecto Compton*. El fotón incidente interactúa con un electrón atómico desviándose y perdiendo energía. El electrón sale despedido, produciéndose un vacante en el átomo blanco.
- *Efecto fotoeléctrico*. El fotón incidente es absorbido y se emite un electrón secundario, quedando el átomo blanco ionizado.
- *Creación de pares*. El fotón es absorbido creándose en su lugar un

<sup>1</sup>OECD/Nuclear Energy Agency Data Bank. Le Seine Saint-Germain, 12. Boulevard des Iles, 92130 Issy-les-Moulineaux, France (e-mail: nea@db.nea.fr; <http://www.nea.fr>).

electrón y un positrón. Esta "reacción" sólo es posible si la energía del fotón supera los 1022 keV.

Si como resultado de la interacción el átomo queda ionizado, la desexcitación posterior produce rayos x característicos, electrones Auger o ambos. Otras posibles interacciones, tales como las del tipo  $(\gamma, n)$ , son mucho menos probables y no suelen considerarse en las aplicaciones médicas con fotones y electrones excepto en casos muy particulares. Algunos programas con capacidad de transportar neutrones y otras partículas pesadas (MCNP, FLUKA, etc) incluyen una descripción de este proceso.

Por otro lado, las interacciones de electrones son:

- **Colisiones elásticas.** El proyectil es desviado por el potencial atómico sin apenas perder energía.
- **Colisiones inelásticas.** El proyectil interacciona con la nube electrónica del átomo y produce una ionización o una excitación, dependiendo de la energía transferida.
- **Bremsstrahlung.** Como resultado de la interacción entre el proyectil y el potencial atómico (o el de un electrón orbital), el primero pierde energía cinética que se transfiere a un fotón de frenado.
- **Aniquilación.** En el caso de un positrón, éste puede interaccionar con un electrón del medio, que es su antipartícula, y desaparecer produciendo dos fotones. El proceso es mucho más probable para positrones lentos, por lo que los fotones creados suelen tener energías muy próximas a 511 keV y viajar en direcciones casi opuestas.

Cada interacción se caracteriza mediante la sección eficaz diferencial co-

rrespondiente, que en general depende de la energía del proyectil y de las variables dinámicas de las partículas involucradas en el proceso.

### Generación de trayectorias

El proceso de simulación asume que las partículas siguen trayectorias rectilíneas a velocidad constante entre dos interacciones con el medio. Su "vida" puede representarse como una sucesión de estados determinados por la posición del  $n$ -ésimo evento  $r_n$ , la dirección de movimiento  $d_n$  y la energía  $E_n$  inmediatamente después de producirse dicho evento.

Dada una posición inicial, la cuestión a resolver es pues a qué distancia se producirá el siguiente evento y de qué tipo será. La primera cuestión se resuelve teniendo en cuenta el hecho de que el viaje de una partícula constituye un proceso de Poisson; la segunda, considerando la relación entre las secciones eficaces de las diversas interacciones posibles. Así, si  $\lambda_i$  representa el recorrido libre medio (RLM) correspondiente a la interacción de tipo 'i' y  $\lambda$  el RLM total (cuyo inverso es la suma de inversos de los RLMs parciales), la distancia  $s$  recorrida por la partícula hasta el próximo evento se determina mediante la expresión

$$s = -\lambda \ln \xi \quad (1)$$

donde  $\xi$  representa un número aleatorio entre 0 y 1. La probabilidad  $P_i$  de que la interacción sea del tipo  $i$ -ésimo viene dada por

$$P_i = \frac{\lambda_i}{\lambda} \quad (2)$$

Una vez sorteado el tipo de interacción a simular de acuerdo con las probabilidades expresadas por (2), es necesario simular el cambio de dirección

y energía que haya podido producirse. Para ello se emplea la distribución de probabilidad asociada a la sección eficaz diferencial correspondiente.

De esta forma hemos pasado de un estado  $(r_n, d_n, E_n)$  al  $(r_{n+1}, d_{n+1}, E_{n+1})$ . El proceso se repite hasta que, o bien la partícula escapa del sistema material, o bien su energía cae por debajo de cierto valor, momento en el cual se supone que es localmente absorbida y su vida terminada. Tras simular la vida de una partícula debe hacerse lo propio con las partículas secundarias a las que haya dado lugar.

### Simulación condensada

En principio, el esquema de simulación presentado en la sección anterior es válido para cualquier tipo de partícula. En la práctica, sin embargo, no resulta adecuado cuando se consideran electrones de alta energía, dado que el número de interacciones a lo largo de su trayectoria antes de ser absorbidos resulta excesivamente elevado, del orden de algunas decenas de miles para electrones de 1 MeV, por ejemplo. Tal cantidad de colisiones requeriría un tiempo de simulación prohibitivo.

Para solventar este inconveniente se recurre a la denominada simulación condensada, cuyo fundamento se encuentra en las teorías de dispersión múltiple [6]. La idea consiste, muy brevemente, en simular el efecto global de un número elevado de interacciones mediante un único evento "artificial". En una de las dos variantes descritas por Berger en [2], conocida como simulación mixta, se combina la simulación detallada de los eventos más violentos con la condensada de los restantes, resultando un algoritmo particularmente robusto y versátil.





Los diversos esquemas de simulación condensada constituyen quizás la principal característica diferenciadora de los programas de uso más extendido. De hecho, la concepción de nuevos algoritmos más precisos y más rápidos es uno de los temas de investigación abiertos en el campo de la simulación MC del transporte de la radiación.

### **Cantidades de interés**

Para fijar ideas supondremos que estamos interesados en obtener la dosis depositada en cierto volumen de interés. Cada historia<sup>2</sup> produce una cierta contribución a la dosis que se determina acumulando las pérdidas de energía ocurridas en la zona de interés. Llamando  $d_j$  a la contribución de la  $j$ -ésima historia, la estimación de la energía depositada *por historia* tras simular un total de  $N$  historias vendrá dada por el valor medio

$$\bar{q} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N q_j \quad (3)$$

En la práctica conoceremos la actividad de la fuente y el tiempo de irradiación, de manera que obtendremos la dosis buscada para nuestro problema multiplicando (3) por el número de partículas emitidas por la fuente.

El uso de números aleatorios implica que toda simulación MC está afectada de cierta incertidumbre estadística. El valor de la varianza  $\sigma^2(\bar{q})$  asociada a esta incertidumbre se estima mediante

$$\sigma^2(\bar{q}) = \frac{1}{N} \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N q_j^2 - \bar{q}^2 \right) \quad (4)$$

Nótese que la varianza disminuye como  $1/N$ , es decir, como el inverso del-

tiempo empleado, característica ésta que resulta común a todas las aplicaciones de la simulación MC. Por otro lado, es frecuente que en las aplicaciones prácticas el tiempo necesario para obtener incertidumbres aceptables resulte demasiado grande. Este hecho suele producirse cuando la frecuencia con la que las partículas contribuyen a la cantidad de interés (la dosis) es muy baja, ya sea porque la zona de detección resulta muy pequeña en comparación con la distancia a la fuente (cálculo de la dosis en pequeños órganos sanos colindantes con un tumor), o porque la probabilidad de interacción es muy baja (fotones de alta energía atravesando una delgada cámara de ionización con aire a presión atmosférica).

En estos casos resulta imprescindible el uso de las denominadas técnicas de reducción de varianza, cuya esencia consiste en modificar las probabilidades de los diversos eventos posibles para favorecer los deseados pero sin alterar los valores medios. Con ello se persigue reducir  $\sigma^2(\bar{q})$  para un tiempo de simulación dado. Existen una gran variedad de dichas técnicas y su descripción está más allá del alcance de este artículo. El lector interesado puede consultar [3].

### **APLICACIONES EN FÍSICA MÉDICA**

La simulación MC ha sido utilizada para estudiar numerosos aspectos relacionados con la física médica (véase [1] para una revisión en profundidad del tema). Sin pretender ser exhaustivos, citaremos el cálculo de dosis en radioterapia, el estudio de los sistemas de obtención de imágenes con radionúclidos o rayos x, la caracterización

de las fuentes y detectores empleados en estos sistemas, los cálculos microdosimétricos, los relacionados con la protección radiológica de pacientes y personal sanitario, etc.

Uno de los requerimientos que debe cumplir cualquier programa MC que pretenda ser útil en este campo es el de poder modelizar geometrías complejas. PENELOPE, por ejemplo, incluye un paquete de subrutinas que permiten describir cualquier objeto limitado por superficies cuadradas. El ejemplo de la figura 1 da una idea de la complejidad que puede alcanzarse.

### **Imágenes en medicina nuclear**

Diversas técnicas de obtención de imágenes del cuerpo humano se basan en la administración al paciente de sustancias con trazadores radiactivos y en la detección posterior del mapa de emisión. De la distribución espacial del radioisótopo se extrae información funcional sobre el órgano bajo estudio, por ejemplo el corazón o el cerebro. El tipo de sustancia administrada, de desintegración radiactiva y la forma de detectar esa radiación determinan las principales propiedades del sistema.

En la técnica denominada SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*) el radioisótopo utilizado es, frecuentemente, <sup>99m</sup>Tc o <sup>123</sup>I. La distribución tridimensional del trazador gamma se determina a partir de la información suministrada por las proyecciones bidimensionales de los fotones emitidos en diferentes ángulos. El dispositivo de detección, denominado gammacámara, consiste esencialmente en un cristal centelleador acoplado a diversos tubos fotomultiplicadores y separado del paciente por un colimador con multitud

<sup>2</sup>Denominamos "historia" a la vida de una partícula primaria y la de todas las secundarias generadas por ésta.

de agujeros, paralelos entre si y perpendiculares a la superficie del cristal o dirigidos hacia una línea imaginaria denominada focal del sistema, según el modelo. El conjunto detector-colimador gira alrededor del paciente para obtener las distintas proyecciones.

Idealmente, la imagen de una fuente puntual debiera ser un punto en la pantalla del operador. Sin embargo, diversos factores contribuyen a difuminar la imagen, proceso caracterizado mediante la denominada PSF (*Point Spread Function*). Uno de estos factores es la detección de fotones dispersados con energías menores a las de emisión y/o ángulos distintos al previsto en el diseño del colimador.



**Figura 1.** Modelización con PENELOPE del fantoma matemático conocido como "Adam". Existe otro equivalente para "Eva". Con ellos pueden realizarse estudios de dosis durante la aplicación de técnicas de diagnóstico y terapia.

La simulación MC permite estudiar la respuesta de los diversos modelos de colimador permitiendo la caracterización de las PSFs. En la figura 2 se muestran algunos de los resultados de un estudio de este tipo llevado a cabo con PENELOPE. Uno de los aspectos destacables de este ejemplo, aprovechado también en muchos otros terrenos, es la posibilidad de discernir el tipo de interacción y la región del espacio que dio origen a cada partícula, permitiendo así clasificar su contribución a la magnitud bajo estudio. Este tipo de análisis resulta frecuentemente muy difícil cuando no imposible mediante técnicas experimentales. Otra línea de trabajo en este campo se concentra en la elaboración de modelos de corrección de la dispersión (Rayleigh, Compton) en el interior del paciente.

Otra técnica de diagnóstico por imagen cuyo uso está en aumento en nuestro país es PET (*Positron Emission Tomography*). En este caso, los positrones emitidos en una desintegración  $\beta^+$  (habitualmente se usa  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$  y  $^{18}\text{F}$  se aniquilan emitiendo dos fotones de unos 511 keV en direcciones casi opuestas que son detectados por una serie de centelleadores dispuestos alrededor del paciente. Al igual que en el caso de SPECT, la simulación MC juega un papel destacado en el diseño de estos sistemas, tanto por lo que respecta a la configuración del detector (material, tamaño, separación entre cristales), como en lo relativo al cálculo y modelización de los efectos de la dispersión en el paciente.

### Diagnóstico por rayos

El principal objetivo de la simulación MC en este campo consiste en la optimización de los procedimientos clínicos

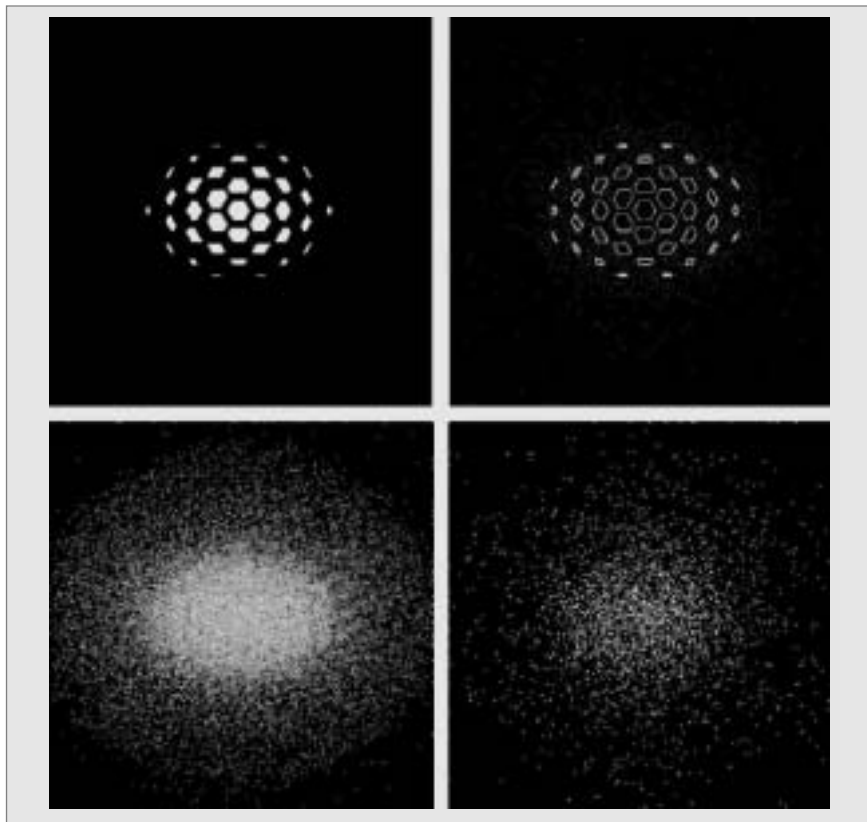
a fin de conseguir la mejor relación posible entre calidad de la imagen y dosis al paciente, para lo cual se analiza tanto la respuesta del sistema de detección como el transporte en el cuerpo.

A título de ejemplo citaremos la técnica denominada DXA (*Dual-energy X-ray Absorptiometry*) con la que se puede determinar la densidad mineral del hueso (BMD) y de esta manera diagnosticar la osteoporosis, caracterizada por un valor bajo de BMD con el consiguiente aumento del riesgo de fractura. Se estima que esta enfermedad afecta a un tercio de las mujeres europeas y a uno de cada 8 hombres. La DXA se basa en el empleo de un tubo de rayos x que produce, ya sea mediante la interposición de un filtro de tierras raras ya sea pulsando el potencial del tubo o mediante técnicas más exóticas, un espectro con dos máximos. Tras atravesar un sistema de colimación y el cuerpo del paciente, la radiación incide sobre un sistema de detección espectrométrico que es capaz de discernir, con cierta imprecisión, las dos energías producidas por el tubo. Del análisis de la atenuación producida por el cuerpo se obtienen los espesores de tejido blando y de hueso para la zona estudiada.

En este contexto, la simulación MC permite optimizar el conjunto detector-fuente, estableciendo la mejor combinación de dos energías a utilizar, el tamaño de los detectores y otros parámetros del diseño. Variando estos parámetros es posible minimizar la dosis preservando una calidad de imagen aceptable sin necesidad de costosos ensayos experimentales.

### Radioterapia

Ésta es posiblemente la disciplina que ha atraído más la atención de los



**Figura 2.** Diversas contribuciones a la "imagen" (PSF) de una fuente puntual tras atravesar un colimador tipo fan beam situado a 10 cm con agujeros hexagonales. Componente geométrica (arriba izquierda), contribución debida a penetración sin interacción (arriba derecha), a fotones dispersados Rayleigh (abajo izquierda) y Compton (abajo derecha).

investigadores que usan simulación MC, ya desde mediados de los 70. Las diversas aplicaciones pueden clasificarse en 3 grupos, a saber, teleterapia, dosimetría y braquiterapia.

Las aplicaciones de teleterapia pretenden caracterizar la radiación producida por los aceleradores de electrones terapéuticos, ya sean en modo electrones o fotones (intercalando un blanco en el haz de electrones), y por las unidades de cobaltoterapia ( $^{60}\text{Co}$ ). En este campo la simulación MC es la única alternativa viable, dado que es prácticamente imposible realizar medidas espectroscópicas directas del haz de radiación debido a que su intensidad satura el detector. Mención espe-

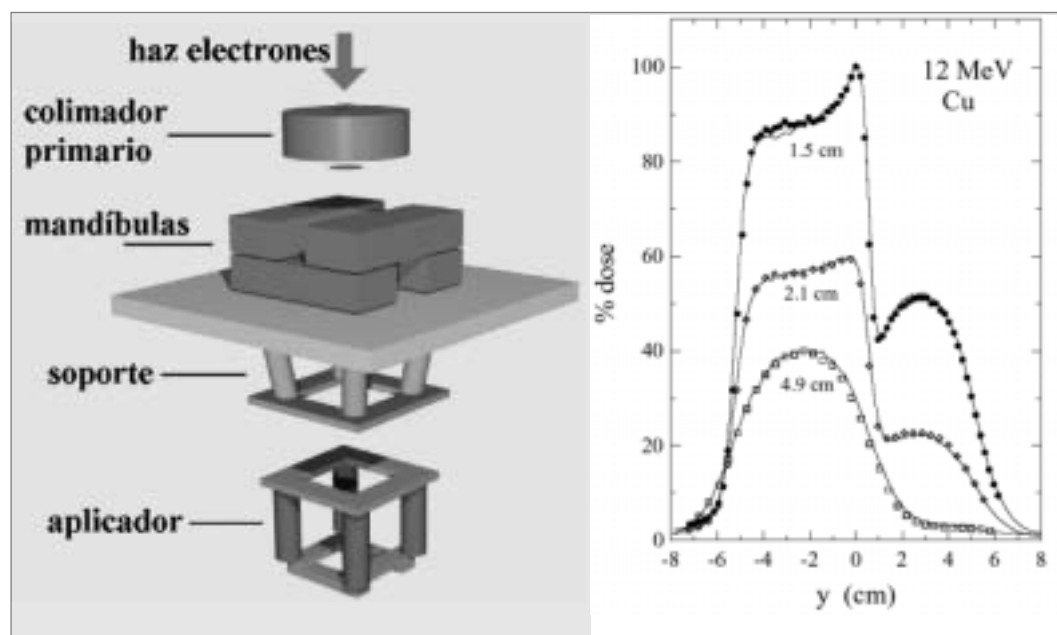
cial merece el paquete BEAM [8], basado en EGS4, que permite al usuario modelar los distintos componentes de un acelerador cualquiera de manera relativamente sencilla. En la figura 3 se presenta el modelo de un Siemens Mevatron KDS preparado por nuestro grupo con PENELOPE para la simulación de haces de electrones, así como algunos de los resultados obtenidos. Más recientemente se han popularizado los estudios sobre IMRT (*Intensity-Modulated Radiation Therapy*) y sobre los dispositivos denominados MLC (*Multileaf Collimator*). Para una visión actualizada de estas aplicaciones puede consultarse [11].

Una de las aportaciones importantes

de la simulación es la posibilidad de conocer la contribución de cada elemento del acelerador al campo de radiación resultante y la composición de éste en términos de espectro energético, distribución angular, contaminación de fotones en campos de electrones y viceversa, etc. Esta información resulta de gran utilidad para asistir al proceso de diseño y mejora de estas máquinas.

En segundo lugar tenemos las aplicaciones dosimétricas, destinadas a calcular la distribución espacial de la dosis administrada al paciente durante un tratamiento. La determinación precisa de esta magnitud es vital para valorar la efectividad del tratamiento en términos de la probabilidad de curación del tumor y para evitar complicaciones derivadas de una irradiación excesiva de los tejidos sanos circundantes. En la actualidad casi todos los sistemas comerciales de planificación radioterapéutica se basan en aproximaciones analíticas a la solución de la ecuación de Boltzmann, de las cuales se sabe que pueden dar lugar a errores considerables en situaciones altamente heterogéneas, tales como en la irradiación de la cara (tejido blando, hueso y aire).

La simulación MC remedia esta situación, pero hasta hace muy poco tiempo su uso en la rutina clínica diaria era considerada inviable dados los largos tiempos de cálculo necesarios para cada paciente. Se utilizaba pues exclusivamente en casos patrón para proporcionar valores de referencia con los que comparar otros métodos menos precisos. Dos circunstancias están haciendo cambiar este estado de cosas. Por un lado, el aumento progresivo de la potencia de cálculo disponible por unidad monetaria. Pero más importante es el desarrollo reciente de algoritmos



**Figura 3.** Modelización con PENELOPE del cabezal de un acelerador Siemens Mevatrons KDS instalado en el Hospital Clínic de Barcelona. A la derecha, perfil de dosis lateral para 12 MeV en una cuba de agua a diversas profundidades habiendo obstaculizado la mitad del haz con una lámina de cobre. Los símbolos son medidas realizadas con una cámara de ionización; las líneas continuas, resultados de la simulación.

específicamente dedicados a este problema, consiguiendo precisiones comparables a las de los programas de referencia de propósito general (dentro de un margen de ~3% respecto a EGS4 o PENELOPE, por ejemplo) pero con una fracción pequeña del tiempo requerido por éstos para el rango de altas energías y materiales ligeros considerados. Entre estos programas destacan VMC++, DPM, MCDOSE, PERGRINE, SMC y MMC. En la referencia [11] puede encontrarse información relativa a algunos de ellos. DPM [12], en particular, ha sido elaborado por el autor de este artículo en colaboración con investigadores de la University of Michigan<sup>3</sup>.

Desde el punto de vista de la simulación, una de las dificultades del problema estriba en que la geometría del

paciente se conoce en términos de un gran número de pequeños elementos de volumen (voxels) caracterizados por sus dimensiones, material y densidad. Esta información se extrae de las tomografías por rayos x (impropiamente conocidas como CTs) las cuales, a diferencia de SPECT y PET, proporcionan información morfológica del paciente, no funcional. Para ilustrar la rapidez de estos algoritmos, tomemos un caso de referencia típico, consistente en calcular la dosis central de un campo de electrones de 20 MeV de 5x5cm<sup>2</sup> con una incertidumbre estadística media de 0.3%. DPM, por ejemplo, realiza este cálculo en una máquina a 1200 MHz con 128 MB de RAM en menos de 5 minutos.

En cuanto a las aplicaciones en braquiterapia, consistentes en la utiliza-

ción de fuentes (<sup>192</sup>Ir, <sup>137</sup>Cs, <sup>125</sup>I, <sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y, etc) que se colocan en contacto directo con el tejido a irradiar (tumor, arteria), suelen centrarse en el cálculo de la distribución de dosis en agua para las fuentes consideradas, aunque en algunos casos también se estudia el transporte en geometrías más detalladas (por ejemplo, el de la figura 5). Una de las particularidades que motiva la separación de este tipo de aplicaciones respecto a la anterior es el hecho de que el transporte de electrones de baja energía

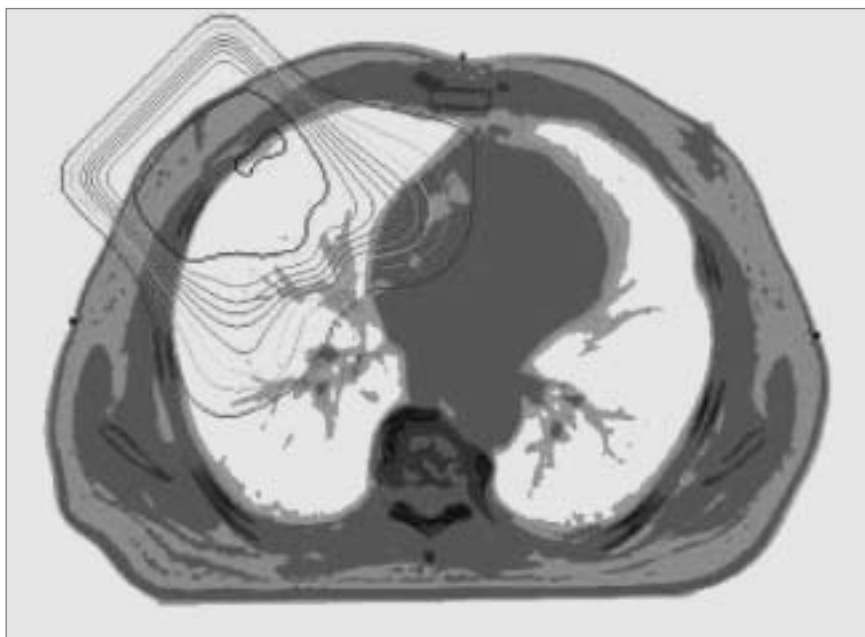
adquiere aquí una mayor relevancia.

### Microdosimetría

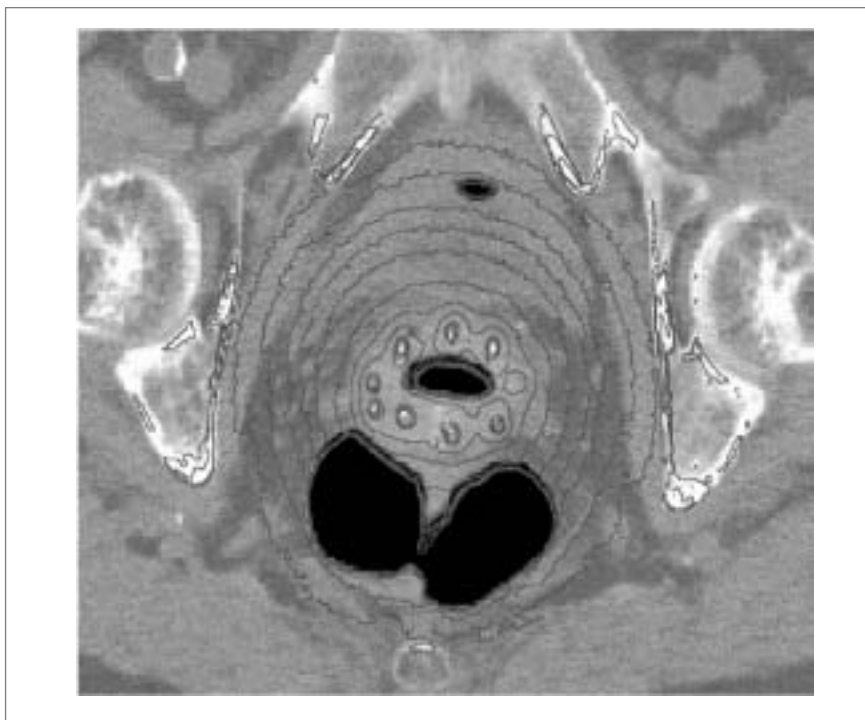
Entre los retos de la física de radiaciones actual, el desarrollo de procedimientos para evaluar desde primeros principios el daño biológico producido por la radiación ocupa un lugar destacado. En este contexto, la microdosimetría estudia las características espaciales y temporales de los procesos físicos de deposición de energía y su correlación con los efectos radiobiológicos.

Como es bien sabido, uno de los parámetros que determinan en gran medida dichos efectos es la probabilidad de producir roturas dobles (DSB, *Double Strand Breaks*) en la cadena de DNA, entendiendo que tal evento será relevante sólo si la segunda rotura acon-

<sup>3</sup>DPM puede descargarse, sin coste alguno, en <ftp://ftp.upc.es/pub/misc/dpm/dpm1.1.zip>



**Figura 4.** La simulación MC permite obtener mapas de isodosis para valorar la idoneidad de los tratamientos. La "geometría" del paciente se obtiene previamente mediante tomografía de rayos x. En este ejemplo se presentan las líneas de isodosis calculadas con DPM correspondientes a un tratamiento ficticio con electrones en el pecho.



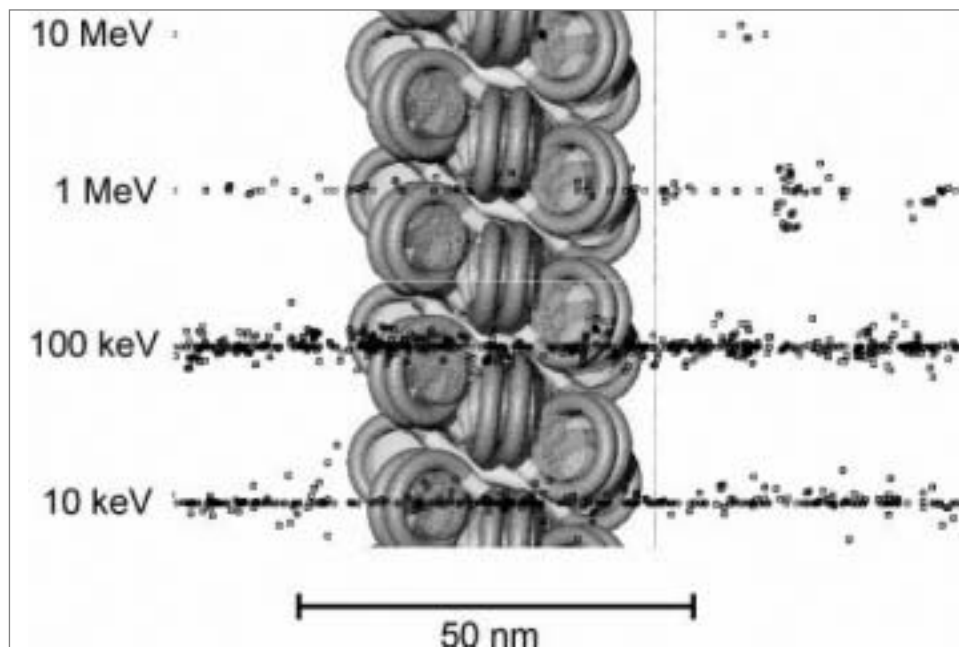
**Figura 5.** Isodosis obtenidas con PENELOPE para un tratamiento real de cáncer de vagina empleando un molde vaginal con fuentes de  $^{192}\text{Ir}$ .

tece con una separación temporal respecto a la primera no muy superior al tiempo medio empleado por los mecanismos de reparación de la célula. Una DSB puede ser causada por una única partícula (efectos intratrazas) mediante, principalmente, a) dos ionizaciones directas en bases próximas del DNA y *strands* opuestos; b) combinación de una ionización y una rotura producida por un radical  $\text{OH}^\bullet$  creado por disociación de una molécula de agua; y c) dos roturas producidas por dos radicales  $\text{OH}^\bullet$ . Una clasificación análoga se puede establecer para DSBs producidos por *dos* partículas distintas (efectos intertrazas).

La probabilidad de cualquiera de estos mecanismos está íntimamente ligada a la separación con la que ocurren las ionizaciones en el medio acuoso en el que se encuentra el DNA (fig 6). La determinación de la distribución de distancias entre ionizaciones a escala nanométrica es un problema que en principio puede ser abordado mediante simulación MC [7]. El esquema de solución pasa por prescindir de la simulación condensada descrita anteriormente para así reproducir las interacciones reales una a una, a fin de conocer la estructura de las trazas de las partículas, es decir, las posiciones de los eventos relevantes.

Sin embargo, la cuestión es más ardua de lo que pueda parecer a primera vista. La principal dificultad emana de la fiabilidad limitada con que se conocen las secciones eficaces en agua para electrones de baja energía (desde decenas de eV a decenas de keV), que son los principales responsables de las roturas dobles.

Por otro lado, el problema se complica si se considera que también es



**Figura 6.** Detalle de la estructura de una fibra de cromatina. Se ha superimpuesto la localización, obtenida mediante simulación MC, de las ionizaciones producidas por un protón de diversas energías en agua. (Por gentileza del Dr. Werner Friedland, GSF-Institute of Radiation Protection, Neuherberg, Alemania.)

necesario describir detalladamente los procesos de difusión y decaimiento de las especies químicas reactivas producidas a causa del efecto de la radiación, así como el de reparación del DNA. Éste es pues un tema todavía abierto a la investigación básica.

### Perspectivas

Se dice que mientras que el siglo XIX fué el siglo de la química y el XX el de la física, el XXI será el de la biología. Sin embargo, es difícil concebir cómo puede alcanzarse un profundo conocimiento de los procesos biológicos fundamentales sin antes clarificar algunas de las cuestiones que permanecen por resolver en las otras dos materias. Es posible que asistamos más bien a un creciente proceso de *intersección* entre las tres disciplinas.

En este sentido, es muy probable que

la investigación en física de radiaciones, tanto teórica como experimental, siga representado un papel fundamental en la ciencia del siglo que acaba de comenzar, en especial en lo que se refiere al efecto sobre materiales biológicos y a cómo estos efectos pueden ser "domesticados" para mejorar nuestra calidad de vida. Dada la creciente potencia de los ordenadores de que disponemos y la constante mejora en los algoritmos, es previsible que la simulación MC ocupe un lugar destacado, como siempre a medio camino entre teoría y experimento, en este campo.

### REFERENCIAS

- [1] P. ANDREO, Monte Carlo techniques in medical radiation physics, *Phys. Med. Biol.*, 36 (1991), pp. 861-920.
- [2] M. J. BERGER, Monte Carlo calculation

of the penetration and diffusion of fast charged particles, in *Methods in Computational Physics*, B. alder, S. Fernbach, and M. Rotemberg, eds., vol. 1, Academic Press, New York, 1963, pp. 135-215.

- [3] T.M. JENKINS, W.R. NELSON, AND A.RINDI, eds., *Monte Carlo Transport of Electrons and Photons*, Plenum Press, New York, 1988.
- [4] M. H. KALOS and P. A. WHITLOCK, *Monte Carlo Methods. Volume 1: Basics*, John Wiley and Sons, New York, 1986.
- [5] A. KLING, F. BARÃO, M. NAKAGAWA, L. TÁVORA and P. PAZ eds., *Advanced Monte Carlo for Radiation Physics, Particle Transport Simulation and Applications: Proceedings of the Monte Carlo 2000 Conference, Lisbon, 23-26 October 2000*, Springer-Verlag, Heidelberg (Germany), 2001.
- [6] H. W. LEWIS, Multiple scattering in an infinite medium, *Phys. Rev.*, 78 (1950), pp.526-529.
- [7] H. G. PARETZKE, *Radiation Track Structure Theory, in Kinetics of Nonhomogeneous Processes*, G. R. Freeman, ed., Wiley, New York, 1987, pp. 89-170.
- [8] D. W. O. ROGERS, B. A. FADDEGON, G. X. DING, C.-M. MA, J. WEI, and T. R. MACKIE, Beam: A Monte Carlo code to simulate radiotherapy treatment units, *Med. Phys.*, 22 (1995), pp. 503-524.
- [9] R.Y. RUBINSTEIN, *Simulation and the Monte Carlo Method*, Wiley, New York, 1981.
- [10] F. SALVAT, J. M. FERNÁNDEZ-VAREA, E. ACOSTA, and J. SEMPALU, PENELOPE-A Code System for Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport, Nuclear Energy Agency (OECD/NEA), Issy-les-Moulineaux, France, 2001.
- [11] W. SCHELEGEL and T BORTFELD, eds., *The Use of Computers in Radiation Therapy, Xiiiith International Conference, Heidelberg, Germany May 22-25, 2000*, Springer-Verlag, Heidelberg, 2000.
- [12] J. SEMPALU, S. J. WILDERMAN, and A. F. BIELAJEW, DPM, a fast, accurate Monte Carlo code optimized for photon and electron radiotherapy treatment planing dose calculations, *Phys. Med. Biol.*, 45 (2000), pp. 2263-2291.

# Estudio comparativo sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española

Ana Suáñez, Beatriz Robles  
Impacto Radiológico Ambiental CIEMAT-DIAE

## RESUMEN

Dentro de los parámetros que es necesario cuantificar cuando se analizan las consecuencias radiológicas de los vertidos de efluentes al medio ambiente, se encuentran los relativos a las dietas de la población, ya que la ingesta de alimentos va a ser una de las principales vías de incorporación de radionúclidos en el organismo.

La necesidad de disponer de unos valores actuales de consumo de alimentos acordes con la realidad española, ha llevado a realizar el proyecto "Estudio sobre las Dietas y Hábitos Alimentarios en la Población Española". Este estudio se ha realizado sobre individuos de 0 a 60 años, divididos en 6 grupos de edad, siguiendo las recomendaciones de la ICRP, con una muestra total de más de 12.000 personas encuestadas residentes en 10 provincias. La metodología de cualificación del consumo de alimentos esta basada en la aplicación de 3 cuestionarios y 2 tests de concordancia. El objetivo es mejorar la fiabilidad de las estimaciones de impacto radiológico realizadas hasta la fecha.

En el presente trabajo se explica el estudio realizado, comparándose los resultados obtenidos con los procedentes de otras fuentes de información, utilizados de forma habitual en los cálculos de dosis por ingestión (MAPA, INE, FAO). También se ha realizado una comparación con los valores de la "Regulatory Guide 1109 NRC", ampliamente utilizada con fines reguladores. Esta comparación permitirá conocer las implicaciones que la utilización de los valores obtenidos en este estudio podría tener en el cálculo de las dosis vía cadena alimentaria, tanto en la verificación de los límites de vertido como en el cálculo de las dosis realistas, requerido en las Normas Básicas Europeas.

## INTRODUCCIÓN

Entre los parámetros que es necesario cuantificar cuando se analizan las consecuencias radiológicas de los vertidos de efluentes al medio ambiente, se encuentran los relativos a las dietas de la población, ya que la ingesta de alimentos va a ser una de las principales vías de incorporación de radionúclidos en el organismo.

El proyecto "Estudio sobre las Dietas y Hábitos Alimentarios en la Población Española" se planteó en respuesta a la necesidad de disponer de unos valores de consumo de alimentos más actuales y acordes con la realidad española, tal como se recomienda a nivel internacional, que permitan mejorar la fiabilidad de las estimaciones de impacto radiológico que se realizan con diver-

## SUMMARY

When the radiological consequences of the environmental discharges are analysed, it is necessary to take into account several parameters as the values related with the population diets, because food ingestion will be one of the main pathways of radionuclide intake by the human body.

With the aim of having current food consumption values, in agreement with the Spanish reality, the CIEMAT has performed a wide study in collaboration with CSN and the Nutritional Department of the Complutense University of Madrid. This work involves people between 0-60 years old, divided in 6 age groups following the ICRP recommendations, with a total sample about 12,000 persons from 10 provinces. The methodology applied is based in three questionnaires and 2 concordance tests.

The results obtained in this study are compared with those of several national and international information sources (MAPA, INE and FAO), normally used in dose assessments by ingestion. The results are also compared with the RG 1109 NRC values, widely used for regulatory purposes.

sos fines, ya que los estudios realizados hasta la fecha son muy heterogéneos y están referidos a colectivos concretos y reducidos o bien se basan en datos de producción o encuestas sobre la cesta de la compra u otros métodos de limitada fiabilidad.

La metodología de cuantificación del consumo de alimentos desarrollada y que aquí se presenta, pretende obtener

unos resultados altamente fiables incluso realizando el estudio en grandes grupos de población. El estudio ha sido desarrollado en colaboración con el Departamento de Nutrición de la Facultad de Farmacia y con el asesoramiento del D<sup>º</sup> de Sociología VI de la Facultad de Periodismo de la UCM y está financiado por el CSN y el CIEMAT.

En el presente trabajo también se comparan los resultados obtenidos en este estudio con los procedentes de otras fuentes de información tanto nacionales como internacionales (MAPA, INE, FAO), que han venido siendo utilizados de forma habitual en los cálculos de dosis por ingestión. También se comparan los valores de consumo de los diferentes grupos de edad con respecto a la Regulatory Guide 1.109 NRC, ampliamente utilizada con fines reguladores.

**METODOLOGÍAS APLICADAS EN LA CUANTIFICACIÓN DE LOS CONSUMOS ALIMENTARIOS**

A continuación realizamos una descripción de cada una de las metodologías y de los propósitos con que estos estudios han sido llevados a cabo, con el fin de poder establecer comparaciones entre los resultados.

**Estudio sobre Dietas y Hábitos Alimentarios en la Población Española. CSN-CIEMAT-Farmacia(UCM)**

El objetivo planteado fue la realización de un estudio sobre dietas y hábitos alimentarios de la población española considerando sus posibles variaciones en función de la edad de los individuos y del área geográfica donde residen habitualmente.

Para ello se contemplaron los seis grupos de edad recomendados por ICRP en su publicación 60, niños menores

de 1 año, niños entre 1 y 2 años, niños entre 2 y 7 años, niños entre 7 y 12 años, adolescentes entre 12 y 17 años y adultos de más de 17 años.

El estudio se llevó a cabo en las diez provincias siguientes: Burgos, Cáceres, Córdoba, Guadalajara, Lugo, Madrid, Salamanca, Tarragona, Valencia y Vizcaya. La elección de ocho de ellas se ha basado en la existencia de alguna instalación radiactiva o nuclear significativa. Las otras dos, (Vizcaya y Lugo) han sido elegidas para tener representadas todas las zonas geográficas peninsulares, de manera que realizando comparaciones y extrapolaciones pueden establecerse valores medios, máximos y mínimos nacionales.

Para establecer el tamaño muestral se ha contado con la colaboración del D<sup>º</sup> de Sociología VI de la Facultad de Ciencias de la Información, cuyos integrantes han establecido las bases del muestreo para que la selección de la muestra permita obtener un colectivo verdaderamente representativo del grupo al que representa. De acuerdo a su experiencia, la muestra final ha quedado establecida en 1.111 personas para las Provincias con un número de habitantes inferior al millón y en 1.500

para Madrid y Valencia. Estos tamaños muestrales nos permiten trabajar con un margen de error de +/- 3% y +/- 2,5 % respectivamente, para un nivel de confianza del 95,5% (2 sigma), siendo la varianza poblacional (p/q) 50/50. Así mismo se consideró el porcentaje de la muestra que debía pertenecer a cada sexo.

Por otra parte e independientemente del volumen de la muestra a estudiar, las poblaciones de cada provincia fueron agrupadas en función del número total de habitantes en los siguientes intervalos: poblaciones de menos de 20.000 habitantes, entre 20.000 y 50.000 habitantes, entre 50.000 y 100.000 habitantes y de más de 100.000 habitantes.

La segunda etapa consistió en la selección de los municipios correspondientes a estos intervalos; parte de los pueblos fueron previamente preestablecidos por el CSN debido a su cercanía con alguna de las instalaciones nucleares y el resto fueron seleccionados al azar mediante sorteo. El número de individuos a encuestar, para cada rango de edad y sexo, se estableció en cada pueblo con respecto al porcentaje que representa sobre la población total de

Provincia	Rango de edades (años)						Total
	0-1	1-2	2-7	7-12	12-17	>17	
<b>Burgos</b>	115	115	115	246	214	307	1.112
<b>Cáceres</b>	136	129	128	258	196	266	1.113
<b>Córdoba</b>	154	138	130	259	195	235	1.111
<b>Guadalajara</b>	126	122	126	250	198	290	1.112
<b>Lugo</b>	116	116	116	246	213	304	1.111
<b>Madrid</b>	164	155	161	346	306	368	1.500
<b>Salamanca</b>	116	109	119	254	203	309	1.110
<b>Tarragona</b>	130	115	121	258	214	273	1.111
<b>Valencia</b>	161	148	148	334	282	427	1.500
<b>Vizcaya</b>	137	137	140	224	224	252	1114
<b>TOTAL</b>	1.355	1.284	1.304	2.675	2.245	3.031	11.894

Tabla 1



la provincia. Dentro de las localidades así determinadas, los individuos se seleccionaron en colectivos tales como colegios, empresas, guarderías, clientes de farmacia, etc, siendo criterios de exclusión el padecimiento de enfermedades como diabetes, enfermedades endocrinas, problemas hepáticos y renales y el consumo de medicamentos que pudieran interferir con los resultados modificando el apetito y la ingesta de alimentos.

En total se seleccionó una muestra teórica de 130 localidades correspondientes a 10 provincias con un total de 11.894 encuestados. La distribución por grupos de edad en cada provincia puede verse en la Tabla 1.

Sobre el mapa de la Península Ibérica aparecen las diferentes provincias estudiadas con sus correspondientes poblaciones, pudiéndose comprobar que están representadas la mayoría de las regiones autonómicas y desde luego, todas las regiones geográficas: Costa Cantábrica, interior de la Península, el Litoral Mediterráneo, Andalucía... Lo cual ha sido importante para, a partir de estos datos, obtener medias nacionales.

En lo que a la parte alimentaria se refiere, los diferentes productos alimenticios se han agrupado atendiendo a su origen y naturaleza en los grupos que aparecen en la Tabla 2.

Los valores de los consumos se presentan en unidades físicas, gramos o litros por persona y día teniendo presente, no solo la media y su desviación, sino también su rango de variación.

#### Metodología Aplicada

La metodología incluye la realización de tres tipos de cuestionarios y dos tests de concordancia de respuestas.



- *Formulario de registro del consumo de alimentos*, que se realiza durante tres días consecutivos incluyendo un domingo. El individuo debe de anotar las cantidades ingeridas de todos y cada uno de los alimentos consumidos.

- *Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos*. Consiste en anotar el número de veces que se ingiere cada alimento a lo largo del día. Este cuestionario se cumplimenta el cuarto día y sirve para comprobar que las

#### **GRUPOS DE ALIMENTOS**

Leche	Grasas animales
Derivados lácteos	Carne de bovino
Cereales	Carne de porcino
Vegetales de hoja	Carne de ovino
Vegetales de fruto	Carne de ave
Raíces y bulbos	Huevos
Tubérculos	Pescado de río
Legumbres secas	Pescado de mar
Frutas cítricas	Mariscos
Otras frutas frescas	Bebidas alcohólicas
Frutos secos	Refrescos y zumos
Aceite de oliva	Agua
Otros aceites vegetales	

Tabla 2

respuestas entre este cuestionario y el de registro de consumo son concordantes. En caso de existir alguna discrepancia se pide a la persona una aclaración.

- *Recuerdo de 24 horas*, se cumplimenta el cuarto día, al igual que el cuestionario de frecuencia de alimentos y su finalidad es conseguir un buen control en la veracidad de las respuestas. En este cuestionario, se pregunta a cada persona por los alimentos que ingirió la jornada anterior, que coincide con el tercer día del registro de alimentos.

- *Cuestionario de actividad*. El individuo encuestado debe de apuntar el tiempo empleado en cada actividad de forma que el tiempo total sume 24 horas. Este test sirve para validar la ingesta energética, obtenida a partir del cuestionario de frecuencia de alimentos, con el gasto teórico de cada individuo. De esta forma se tiene un conocimiento de la infravaloración y sobrevaloración de la ingesta

El gasto energético se calcula a partir de las ecuaciones propuestas por la Organización Mundial de la Salud que tienen en cuenta la edad, sexo y peso. El cálculo de la ingesta energética se lleva a cabo a partir de la energía aportada por los alimentos ingeridos, utilizando las tablas de Composición de Alimentos del Instituto de Nutrición.

Datos personales, sanitarios y socioeconómicos.

Con este test se recogen diversas variables que son de utilidad para comprobar la idoneidad de la persona para realizar el estudio y otros datos de interés a la hora de valorar los cuestionarios, como son: edad, sexo, peso, talla índice de masa corporal (kg/m<sup>2</sup>), enfermedades que padecen, nivel socioeconómico, número de miembros

ALIMENTOS Y SUPLEMENTOS CONSUMIDOS POR LA MAÑANA 1 <sup>er</sup> DÍA			ALIMENTOS Y SUPLEMENTOS CONSUMIDOS POR LA TARDE 1 <sup>er</sup> DÍA		
DESAYUNO	Alimentos (dependientes del menú)	Cantidad (g) o tamaño de las porciones	MERIENDA	Alimentos (dependientes del menú)	Cantidad (g) o tamaño de las porciones
Hora de inicio:			Hora de inicio:		
Hora de finalización:			Hora de finalización:		
Lugar:			Lugar:		
Menú:			Menú:		
MIDIDA MAÑANA			CENA		
Hora de inicio:			Hora de inicio:		
Hora de finalización:			Hora de finalización:		
Lugar:			Lugar:		
Menú:			Menú:		
COMIDA			COMIDA ENTRE HORAS NO ESPECIFICADA ANTES		
Hora de inicio:			Hora de inicio:		
Hora de finalización:			Hora de finalización:		
Lugar:			Lugar:		
Menú:			Menú:		

Formulario de registro del consumo de alimentos

SEÑALE CUAL ES LA FRECUENCIA CON LA QUE CONSUME ESTOS ALIMENTOS INDICANDO CUANTAS VECES LOS TOMA POR DÍA, SEMANA O MES
LECHE:
OTROS PRODUCTOS LÁCTEOS:
CARNES Y DERIVADOS:
PESCADOS:
HUEVOS:
FRUTAS Y ZUMOS DE FRUTAS:
VERDURAS Y HORTALIZAS CRUDAS:
VERDURAS Y HORTALIZAS COCINADAS:
LEGUMBRES:
PAN:
PASTA, ARROZ Y OTROS CEREALES:
DULCES:
GRASAS Y ACEITES:

Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos.

RECUERDO DE 24 H Y FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS	
NOMBRE Y APELLIDOS:	
DOMICILIO:	
INDIQUE LOS ALIMENTOS QUE TOMÓ EN EL DÍA DE AYER	
DESAYUNO:	
COMIDA:	
MERIENDA O ENTRE HORAS:	
CENA:	

Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos.

de la familia, hábitos cotidianos (fumar, consumo de alcohol, vitaminas), etc.

**Instituto Nacional de Estadística. Encuesta continua de presupuestos familiares. INE 1997.**

En este estudio los valores de las cantidades físicas consumidas están

basados en el gasto realizado para la adquisición de alimentos en los hogares, considerándose además el autogestor, salarios en especie y comidas gratuitas o bonificadas.

La mitad de la muestra (4000 hogares) colabora durante una semana al trimestre, anotando todos los bienes y servicios por los que han efectuado un



CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD		
NOMBRE Y APELLIDOS:		
INDIQUE EL TIEMPO EMPLEADO EN LA REALIZACIÓN DE CADA ACTIVIDAD, DE FORMA QUE EL TIEMPO TOTAL SUME 24 HORAS		
ACTIVIDAD	DÍA LABORABLE	DÍA FECTIVO
Dormir		
Tumbado despierto		
Ver la TV, escuchar la radio		
Leer, escribir		
Coser, labores manuales sencillas		
Conversar, jugar a las cartas, juegos de mesa		
estar de pie, charlar, esperar		
Comer.		
Realizar tareas sencillas de la casa (especificar)		
Pasear, andar		
Hacer la compra		
Realizar tareas de casa que exijan mucho esfuerzo (especificar)		
Jardinería o actividades similares (especificar)		
Subir y bajar escaleras		
Bailar		
Gimnasio, deporte (especificar)		
Trabajo (especificar)		
Otra actividad (especificar)		

Cuestionario de Actividad.

pago. Además se solicita mediante entrevista a la totalidad de la muestra (8000 hogares) información sobre compras realizadas con periodicidad superior a la semana. Los datos se someten posteriormente a una depuración exhaustiva para obtener los resultados definitivos.

**Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hechos y cifras del sector agroalimentario español 2000. MAPA 99**

Este estudio está basado en los productos alimenticios que son adquiridos en hogares, establecimientos de hostelería y restauración y en establecimientos institucionales (centros de enseñanza, centros sanitarios, etc).

Un total de 110 productos asociados a 23 grandes grupos de alimentos que representan el 98% del gasto total de las compras en alimentación, son los que han sido incluidos en el estudio.

Se han considerado un total de 8 zo-

nas geográficas dentro del territorio nacional (incluyendo los dos archipiélagos): Nordeste, Levante, Andalucía, Centro-Sur, Castilla León, Noroeste, Norte y Canarias. La metodología aplicada difiere según el grupo estudiado como se recoge en la Tabla 3.

**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Faostat 1999. FAO 99**

Los datos referentes a la alimentación para cada uno de los países, están recogidos en las denominadas hojas de balance de alimentos. En éstas se muestran, para cada producto primario y varios productos elaborados, las fuentes de suministro y su utilización. La cantidad total de alimentos producida en un país unida a la cantidad total importada y reajustada, proporciona el suministro disponible durante el periodo considerado. Por lo que se refiere a la utilización, se hace

una distinción entre las cantidades exportadas, las suministradas al ganado, la utilizada como semilla, la elaborada para usos alimentarios y otros, las pérdidas ocurridas durante el almacenamiento y transporte y los suministros de alimentos disponibles para el consumo humano. El suministro por persona de cada producto alimenticio disponible para el consumo humano se obtiene dividiendo la cantidad respectiva por los datos relativos a la población que los consume.

La exactitud de las hojas de balance de alimentos, que son en realidad estadísticas derivadas, depende de la veracidad de las estadísticas básicas fundamentales sobre la población, el suministro y la utilización. Estas estadísticas varían notablemente de un país a otro, tanto en contenido como en exactitud. Por ello se ha tenido que hacer uso de técnicas de evaluación basadas en las comprobaciones de coherencia.

En la Tabla 5 se presentan los valores recomendados en la Regulatory Guide 1109 de la NRC para el cálculo de dosis anuales al individuo medio, debidas a vertidos rutinarios, ampliamente utilizada con fines reguladores. En dicha guía se hace referencia a 3 grupos de edad que en este trabajo han sido comparados con los valores medios correspondientes a los grupos de edad de 2-7, 12-17 y más de 17 del estudio CSN-CIEMAT-UCM.

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

La comparación se ha realizado sobre los valores medios nacionales para los estudios de la FAO, INE y MAPA, y sobre los valores medios nacionales de adultos para el estudio CSN-CIEMAT-UCM. Como puede comprobarse en la Tabla 4, no se dispone de valores desglosados para todos los

	<b>Hogares</b>	<b>Hostelería-Restauración</b>	<b>Establecimientos Institucionales</b>
<b>Universo</b>	12855763	236375	25179
<b>Muestra</b>	5400	700	200
<b>Característica de la recogida</b>	Apunte diario Frecuencia de resultados mensual Variables: Porcentaje hogares compradores Cantidad/capita Gasto/capita Volumen producto/vol. total Valor producto/valor total	Apunte mensual Frecuencia de resultados trimest. Variables: Cantidad comprada Gasto efectuado Precio unitario Tipo de establecimiento	Apunte mensual Frecuencia de resultados trimest. Variables: Cantidad comprada Gasto efectuado Precio unitario
<b>Criterios de desglose</b>	Geográficos Socioeconómicos Tamaño del hábitat Tamaño de la familia Edad del ama de casa Presencia de niños Actividad del ama de casa	Zonas geográficas Tipo de establecimiento	

Tabla 3.- Características de las metodologías aplicadas en el estudio del MAPA.

grupos de alimentos y la totalidad de los estudios, por lo cual las comparaciones se han realizado con respecto al total de cada grupo de alimentos.

En el caso de los estudios realizados por el INE y el MAPA ambos están basados en las compras de productos alimenticios y no en los consumos, lo cual es lógico si tenemos en cuenta que no son estudios nutricionales; en el caso del INE el objetivo que se persigue es el cálculo del IPC y en el del MAPA es un estudio económico del sector agroalimentario español. En cambio, el estudio llevado a cabo por nuestro grupo está planteado para responder a las necesidades de modelización en el contexto de las evaluaciones radiológicas y se han incluido los seis grupos de edad recomendados por la ICRP, considerando más grupos de alimentos y agrupándolos atendiendo a su origen y naturaleza. Con respecto a los resultados se han incluido el rango de variación y la desviación estándar.

Para el estudio de la FAO es importante observar que las cantidades de alimentos disponibles para el consumo humano, tal y como se estiman en la hoja de balance de alimentos, se re-

fieren simplemente a cantidades que llegan al consumidor. Sin embargo, la cantidad de alimentos realmente consumida puede ser inferior a la cantidad indicada, según las cantidades de alimentos que se pierden en el hogar, durante el almacenamiento, la preparación o la comida que se deja en los platos, se da a los animales domésticos o se tira. Debido a ello y tal como se observa en la Tabla 4 los valores de consumos son significativamente superiores a los del resto de los estudios.

Como consideración general, podemos señalar que los valores obtenidos en el estudio CSN-CIEMAT-UCM, son visiblemente inferiores a los obtenidos por el MAPA y bastante similares a los del INE. Las mayores diferencias se encuentran con respecto al grupo de las bebidas alcohólicas, seguido de los vegetales y las frutas. En el caso del agua hay que resaltar que sólo aparecen valores reales de consumo en el caso del estudio del CSN-CIEMAT-UCM, el MAPA y el INE únicamente consideran el consumo de agua mineral que es adquirida. Las diferencias con los valores del MAPA pueden explicarse debido a que se asume que

todo lo que se compra se come (dentro y fuera del hogar). Los valores del INE son inferiores pues el estudio solo está teniendo en cuenta lo comprado en el hogar, si bien también considera que todo lo comprado es consumido.

Con respecto a la comparación entre la guía 1109 y los datos del estudio CSN-CIEMAT-UCM, se aprecia una diferencia sustancial en lo que al consumo de pescados y mariscos se refiere, para todos los grupos de edad. Este hecho es predecible dado que España es uno de los países del mundo con mayor consumo de pescado. Para los demás grupos de alimentos las diferencias encontradas no son tan explicables a pesar de encontrar para algunos alimentos y grupos de edad diferencias significativas. Es preciso tener en cuenta que la guía es del año 1977 y es de esperar que los hábitos alimenticios hayan sufrido variaciones. En cuanto al consumo de agua se aprecian claras diferencias que se explican por el hecho de que en el estudio CSN-CIEMAT-UCM se tiene en cuenta el consumo de agua ingerido en determinadas comidas (sopas, potajes, etc).



ALIMENTO	CSN-CIEMAT-UCM 2001	FAO 99	INE 97	MAPA 99
Leche	91,0		100	116
Derivados Lácteos	35,1		21,1	35
<b>Total Lácteos</b>	<b>126,1</b>	<b>165,9</b>	<b>121,1</b>	<b>151</b>
Cereales	67,5	99,6	62,9	81,1
<b>Total Cereales</b>	<b>67,5</b>	<b>99,6</b>	<b>62,9</b>	<b>81,1</b>
Vegetales Hoja	21,9		16	
Vegetales Fruto	39,4		18,1	
Raíces y Bulbos	11,5		8	
Tubérculos	22,9	87	32	44,7
Legumbres	5,5	5,7	6,4	5,6
<b>Total Vegetales</b>	<b>101,4</b>	<b>256,1</b>	<b>80,5</b>	<b>122</b>
<b>Setas</b>	<b>1,3</b>			
<b>Aceitunas</b>	<b>0,9</b>	<b>3,7</b>		<b>3</b>
Frutas Cítricas	27,3	50,9	25,7	
Otras Frutas	47,8	63,8	46,6	
Frutos secos	1,4	7,3	1,4	1,7
<b>Total Frutas</b>	<b>76,5</b>	<b>122</b>	<b>73,7</b>	<b>95,4</b>
Aceite Oliva	10,3	11,5	13	
Otros Aceites Veg.	1,0	15,8	5,2	
<b>Total Aceites</b>	<b>11,3</b>	<b>27,3</b>	<b>18,2</b>	<b>21</b>
Carne Bovino	17,8	14	8,8	
Carne Porcino	28,8	65	8,1	
Carne Ovino	3,9	5	2	
Carne Caprino	0,07	0,9	0,7	
Carne de Aves	16,5	23,5	14,2	
Otras y Caza	1,6	8,2	18,5	
<b>Total Carnes</b>	<b>68,8</b>	<b>116,6</b>	<b>52,3</b>	<b>64,9</b>
<b>Huevos (unidades)</b>	<b>183,1</b>	<b>213,8</b>	<b>118,4</b>	<b>221,3</b>
Pescados de Río	1,9	1,5		
Pescados de Mar	25,4	25,2		
Mariscos	7,6	14,2	4	
<b>Total Pescados</b>	<b>35,9</b>	<b>40,9</b>	<b>22,6</b>	<b>31,3</b>
<b>Agua</b>	<b>574,6 (**)</b>		<b>29,3 (*)</b>	<b>58,2 (*)</b>
<b>Bebidas Alcohólicas</b>	<b>19,4</b>	<b>108,2</b>	<b>27,7</b>	<b>95,2</b>
<b>Zumos y Refrescos</b>	<b>39,7</b>		<b>41,5</b>	<b>81,2</b>

(\*) Sólo agua mineral  
(\*\*) Incluye el agua utilizada para cocinar

## REFERENCIAS

- A.M. Requejo, R.M. Ortega, B. Robles, A. Suárez. "Estudio sobre Dietas y Hábitos alimentarios en la población Española" CSN-CIEMAT-UCM. Marzo 2001. CIEMAT/DIAE/PIRA/05/01
- COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA. "ICRP 60. Recomendaciones 1990" Edición Española de la Sociedad Española de Protección Radiológica.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Statistical Databases-Food Balance Sheets 1999. <http://apps.fao.org>
- Instituto de Nutrición (CSIC). "Tablas de composición de alimentos españoles". Instituto de Nutrición (1994)
- Instituto Nacional de Estadística. Encuesta continua de presupuestos familiares. INE 1997. <http://www.ine.es/inebase>
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources". Safety Series Nº 115, Vienna (1996)
- Lucas Marín, A. "Introducción a la Sociología." Editorial Eunsa, Pamplona. (1996)
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hechos y cifras del sector agroalimentario español 2000. MAPA 99. <http://www.mapya.es>
- NRC Regulatory Guide 1.109 "Calculation of Annual Doses to M CSN-CIEMAT-UCM an from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR part 50", Appendix 1. 1977
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Report of a joint FAO/WHO/ONU expert consultation. Energy and protein requirements. pp.71-80. technical Report Series nº 724, Geneva. Organización Mundial de la Salud. 1985

Tabla 4.- Valores de consumos de alimentos en kg persona/año.

ALIMENTO	REGULATORY GUIDE 1.109 (1977)			CSN-CIEMAT-UCM.(2001)		
	Individuo medio			Individuo medio		
	NIÑOS	ADOLESCENTES	ADULTOS	2-7 AÑOS	12-17 AÑOS	> 17 AÑOS
Total Vegetales	200	240	190	156,3	214,3	247,6
Total Leche	170	200	110	174,4	146,4	126,1
Total Carnes	37	59	95	44,8	74,1	68,8
Total Pescados	2,2	5,2	6,9	16,9	17,6	28,3
Mariscos	0,33	0,75	1	2,4	6,5	7,6
Agua	260	260	370	421,1	558,7	574,6

Tabla 5. Valores de consumos de alimentos en kg persona /año

# Planificación de emergencias radiológicas en España. Revisión del Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLABEN)

Juan Carlos *Lentijo Lentijo*, Margarita *Vila Pena*  
CSN, Subdirección General de Emergencias

## RESUMEN

La normas y recomendaciones internacionales sobre emergencias radiológicas, así como la experiencia en las situaciones accidentales con riesgo radiológico ocurridas en el territorio nacional, han puesto de manifiesto la necesidad de revisar la planificación de actuaciones ante accidentes en centrales nucleares y definir los criterios para la planificación en las restantes situaciones que implican una amenaza radiológica.

Por ello se han puesto en marcha los proyectos de revisión del Plan Básico de Emergencia Nuclear (Plaben) y de elaboración de una Directriz de Protección Civil ante Riesgos Radiológicos. Este artículo se centra en las actuaciones realizadas por el CSN para la revisión del Plaben relacionadas con la definición de los nuevos principios radiológicos y la propuesta de aspectos orgánicos y operativos de los grupos radiológicos provinciales y del nivel central de respuesta radiológica.

## PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS EN ESPAÑA

El sistema español de respuesta a emergencias radiológicas se ha desarrollado en torno al Plan Básico de Emergencia Nuclear<sup>(1)</sup> (Plaben), concebido fundamentalmente para atender las situaciones de emergencia que podrían producirse en el entorno de las centrales nucleares de potencia como consecuencia de accidentes en las mismas. A partir del

Plaben, se han desarrollado los Planes de emergencia nuclear correspondientes a las cinco provincias en las que se ubican las centrales nucleares españolas.

Adicionalmente, se ha establecido una Directriz Básica de Protección Civil<sup>(2)</sup> para planificar las actuaciones ante el riesgo del transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril, incluido el transporte de materiales radiactivos (clase 7), que se debe concretar en Planes Estatales de Apoyo y en Planes de

## SUMMARY

The international rules and recommendations for nuclear emergency planning and the Spanish experience gained in the management of events with radiological risk have noticed that is necessary to review the planning radiological bases for emergencies in nuclear power plants and to define the planning radiological bases for radiological emergencies that could happen in radioactive facilities or in activities out of the regulatory framework.

The paper focuses on CSN actions concerning the Plaben review project related to define the new radiological principles taking into account the current international recommendations for interventions, make a proposal about the organisation and operation of the provincial radiological action group and the national support level for radiological emergency response.

Comunidades Autónomas, que a su vez incluyen Planes Locales.

Por otra parte, el Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas<sup>(3)</sup> requiere, para la autorización de todas las instalaciones y prácticas, la presentación de un Plan de emergencia interior para afrontar las situaciones accidentales que pudieran producirse y notificar e informar de las mismas a las autoridades, así como colaborar con estas últimas en las posibles intervenciones de protección.

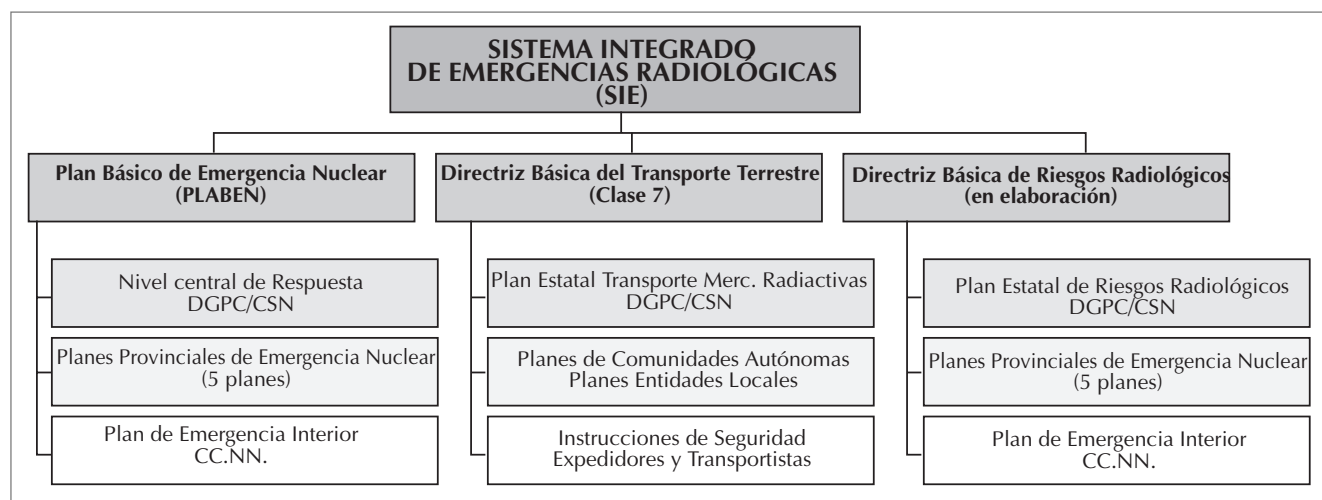


Gráfico 1. Estructura nacional de la planificación de emergencias radiológicas

En la nueva Ley de Tasas del CSN (Ley 14/1999 de 4 de mayo)<sup>(4)</sup> se modifican las funciones asignadas al CSN en lo relativo a emergencias radiológicas extendiendo su participación y responsabilidad a todo tipo de emergencias radiológicas.

Las organizaciones internacionales competentes en la materia, como el OIEA o la CIPR, recomiendan explícitamente la conveniencia de preparar planes de intervención para atender todo tipo de riesgos radiológicos que se puedan producir: tanto los relacionados con las instalaciones y prácticas licenciadas en cada Estado, como aquellos otros no específicos relacionados con accidentes y situaciones como los citados anteriormente.

El nuevo contexto internacional (Directiva 96/26/EURATOM de la UE<sup>(5)</sup>), así como la experiencia adquirida en la gestión de situaciones accidentales en las que estaba presente el riesgo radiológico ocurridas en el territorio nacional, ponen de manifiesto la necesidad de modificar los planes existentes y establecer nuevos

planes de emergencia, que cubran aspectos adicionales a los considerados por los planes de emergencia definidos para riesgos concretos relacionados con las instalaciones y prácticas licenciadas.

Se trata con ello de disponer de un nivel mínimo, pero suficiente, de planificación de las actuaciones de protección frente a posibles situaciones que supongan algún tipo de amenaza radiológica para algún grupo de población y que, a priori, no se pueden determinar con precisión, ni en lo relativo a la magnitud del riesgo, ni en cuanto al grupo de población y zona geográfica afectados. En términos generales, se refiere a situaciones derivadas de la pérdida de control de material radiactivo, procedente de fuentes que se encuentran fuera de las instalaciones o prácticas sometidas a autorización, que dan lugar a la dispersión del material radiactivo y a la contaminación o irradiación de las personas, sus bienes o el medio ambiente. Ejemplos significativos de este tipo de situaciones son los siguientes:

- Situaciones producidas por el descontrol (pérdida o robo) de una fuente radiactiva.
- Accidentes en el transporte de materiales radiactivos.
- Reentrada de satélites de propulsión nuclear.
- Accidentes ocurridos en el extranjero.

Estas situaciones se caracterizan por que no resulta posible predecir las zonas que pueden ser afectadas, ni se puede predeterminar con precisión la magnitud del riesgo, aunque, lógicamente, se espera que, a nivel general, será sensiblemente menor que el abordado en los planes de intervención específicos de instalaciones nucleares localizadas en el territorio del Estado. Sin embargo, no se pueden descartar riesgos individuales o ambientales significativos.

Por todo lo anterior se han puesto en marcha los proyectos de revisión del Plaben y de elaboración de una Directriz de Protección Civil ante Riesgos Radiológicos con el fin de revisar la planificación de actuaciones de protección ante accidentes en

Plaben actual	Plaben nuevo	Comentarios
1. Nivel inferior de intervención	1. Justificación	• Directiva UE
2. Nivel superior de intervención	2. Optimización	• RPR
3. Justificación	3. Niveles de intervención	• Recomendaciones OIEA, CIPR
4. Reducción dosis colectiva	4. Niveles de exposición actuantes	• Nuevo. Existía como específico • Directiva UE • RPR
5. Procedimientos estimación dosis aprobados CSN	5. Procedimientos estimación de dosis aprobados CSN	• Idénticos • Guías y otros documentos CSN
6. Notificación sucesos	6. Notificación, evaluación, asistencia	• Directiva UE • RINR - PEI
7. Zonas de planificación de emergencias. Zona I y II; sector preferente	7. Zonas de planificación de emergencias. Zona I y II; sector preferente	• UE, OIEA, CIPR • Similares • Para planificación • Transición para extender actuaciones

Tabla 1. Principios radiológicos generales

las centrales nucleares y definir los criterios para la planificación de actuaciones de protección ante las restantes situaciones que implican una amenaza radiológica.

### REVISIÓN DEL PLABEN

El Plan Básico de Emergencia Nuclear, aprobado por el Consejo de Ministros del 13 de marzo de 1989, constituye la Directriz Básica de Planificación de Emergencias Nucleares para centrales nucleares de Potencia.

En mayo de 1999, se firma un convenio marco de colaboración entre el Ministerio del Interior y el Consejo de Seguridad Nuclear. Dentro de este convenio, se crea un grupo de trabajo para abordar los trabajos de revisión del Plaben y en el que participan, en una primera

fase, la Dirección General de Protección Civil (DGPC) y el CSN y al que se incorporarán en una fase posterior otros organismos e instituciones que aporten puntos de vista propios.

Después de años de aplicación del Plaben, el proyecto de revisión se aborda con los siguientes objetivos:

- Incorporar las normas y recomendaciones internacionales actuales para la gestión de emergencias nucleares. Entre ellas, la Directiva 96/29/EURATOM de la UE, y las que provienen de organizaciones como el OIEA y la CIPR.
- Adaptar formalmente el Plaben a lo previsto en la Ley 6/1997, de 14 de abril, de Organización y Funcionamiento de la Administración General del Estado (LOFAGE).

- Incorporar la experiencia adquirida en la aplicación del Plaben vigente en los Planes Provinciales de Emergencia Nuclear, con el objetivo de incrementar la operatividad de estos planes y desarrollar el nivel central de respuesta y apoyo.

La revisión del Plaben afecta a la totalidad del documento; en el nuevo Plaben se mantiene el alcance temporal, es decir, se planifican las actuaciones durante la fase inicial e intermedia de una emergencia, lo que no excluye que en alguno de los apartados se hagan referencias a criterios específicos de actuaciones de la fase final por la influencia que en esta fase puedan tener actuaciones o decisiones tomadas en la fase intermedia.

Dentro del alcance tecnológico del nuevo Plaben se incluyen las



Medida protección	Dosis efectiva evitable(mSv) Dosis equiv. evitable(mGy)	
	(a) (d)	(a) (d)
Confinamiento	10 (b)	-
Profilaxis	-	100 (tiroides) (e)
Evacuación	50 (c)	-

(a) Valores de dosis individuales evitables genéricamente justificados y optimizados.  
 (b) Dosis evitable en un período de confinamiento no superior a dos días. Para períodos más cortos, puede ser recomendable el confinamiento a niveles de intervención menores para facilitar otras medidas protectoras, como la evacuación.  
 (c) Dosis evitable en un período no superior a una semana. Se podrá adoptar la evacuación a niveles de intervención menores, por períodos más cortos o cuando la evacuación se pueda realizar rápida y fácilmente (por ejemplo grupos pequeños de población). Pueden ser convenientes niveles de intervención más altos en caso de poblaciones especiales (pacientes de hospitales, ancianos, etc.), ante condiciones meteorológicas adversas u otros riesgos adicionales (naturales o tecnológicos), o cuando se trate de grandes grupos de población.  
 (d) Los valores de la dosis evitable se refieren al promedio de muestras representativas de la población, y no a los individuos más expuestos. De todos modos, las dosis proyectadas a los grupos de individuos que sufran las exposiciones más altas deberán reducirse a valores menores que los umbrales de manifestación de efectos deterministas.  
 (e) Este valor es, en la actualidad, objeto de discusión. El debate se centra en la recomendación hecha por la OMS en 1999, posterior al establecimiento del nivel intervención de 100 mGy, de establecer el nivel de intervención en 10 mGy para personas menores de 18 años. En función del resultado de este debate el nivel de intervención fijado en el nuevo Plaben podría cambiar.

Tabla 2. Niveles de intervención para medidas de protección urgentes

Medida de protección	Dosis efectiva evitable (mSv)
	(a)
Albergue de media duración (traslado temporal)	30 en el primer mes
Realojamiento (traslado permanente)	10 en el mes siguiente (b) (c)

(a) Dosis totales causadas por todas las vías de exposición que pueden evitarse adoptando la medida protectora, aunque normalmente se excluirán los alimentos y el agua.  
 (b) Niveles de intervención optimizados genéricos para el comienzo y la terminación del albergue de media duración son de 30 mSv para el primer mes y de 10 mSv para el mes siguiente.  
 (c) Se considerará el realojamiento cuando:  
 1. no se prevea que la dosis acumulada en un mes descienda por debajo de 10 mSv al cabo de uno o dos años de iniciado el traslado temporal, o cuando  
 2. la dosis proyectada en toda la vida supera 1 Sv.

Tabla 3. Niveles de intervención para medidas de larga duración: albergue de media duración y realojamiento

centrales nucleares de potencia y las centrales nucleares con autorización de desmantelamiento mientras almacenen combustible gastado. Para las restantes instalaciones de la categoría I y II de planificación, definidas en el TECDOC-953 de la

OIEA<sup>(6)</sup>, la planificación de emergencias en el exterior del emplazamiento se realizará siguiendo los principios y criterios básicos recogidos en el Plaben convenientemente adaptados.

Las actuaciones realizadas por el

CSN, dentro del grupo de trabajo, se centran en los temas relacionados con sus competencias y áreas de actividad, y se concretan en lo siguiente:

### **Definición de los nuevos principios radiológicos, que conforman uno de los fundamentos principales de las bases de planificación del Plaben**

Se han definido los principios radiológicos básicos y se ha hecho un desarrollo de los mismos mediante el establecimiento de criterios específicos. Para ello, se han considerado los criterios especificados en el Plaben actual, el RPSCRI<sup>(7)</sup> y las recomendaciones internacionales en la materia (UE, OIEA y CIPR), en concreto, la Directiva 96/29/EURATOM de la UE. Los elementos esenciales sometidos a estudio y revisión se refieren a:

- *Establecimiento de niveles de intervención para las medidas de protección.* Los niveles de intervención propuestos difieren de los actuales. La diferencia más significativa es que están definidos en función de la "dosis evitable" al adoptar la medida de protección, en lugar de en términos de dosis proyectada como ocurre con los actuales. Para las medidas de protección urgentes se proponen niveles de intervención genéricamente justificados y optimizados recomendados por el OIEA que, a su vez cumplen las recomendaciones de la UE. Además, se proponen niveles de intervención para las medidas de larga duración y para el control de alimentos y agua. En las tablas 1, 2 y 3 se describen los criterios radiológicos básicos, los

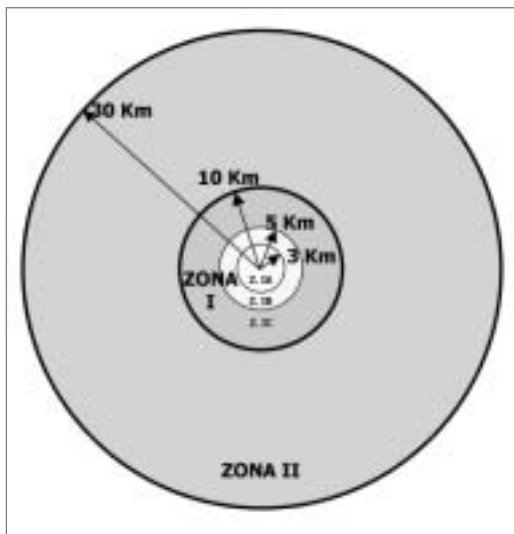


Figura 1. zonas de planificación de emergencias.

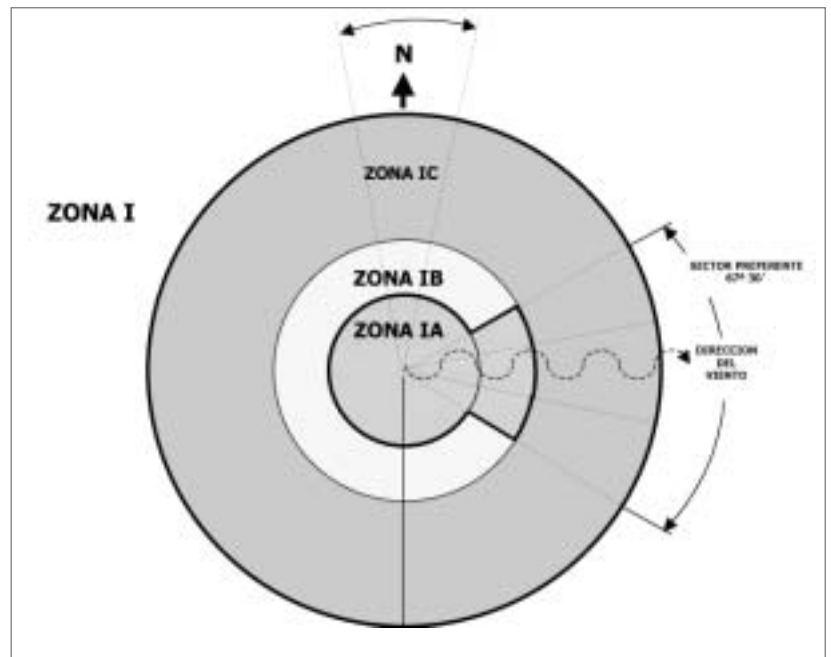


Figura 2. Zona de atención preferente para actuaciones inmediatas en accidentes de categoría IV, determinada por: - Zona IA completa.  
- Sector preferente de la zona IB.

niveles de intervención para medidas urgentes y para medidas de larga duración aprobados por el CSN.

- *Establecimiento de niveles de dosis de emergencia para el personal de intervención.* Se establecen tres grupos de trabajadores en función de las actuaciones que deban realizar. (Ver cuadro inferior).

- *Definición de las zonas de planificación en función de los riesgos radiológicos asociados.* Aunque se mantiene el tamaño de las zonas de planificación definidas en el Plaben, se modifican las actuaciones a adoptar en Zona I ante la declara-

ción de un suceso de categoría IV. A efectos prácticos, se amplía el ámbito geográfico de aplicación de la evacuación inmediata por condiciones de planta, así como el de las otras dos medidas de protección urgentes: confinamiento y profilaxis. Además, se considera explícitamente la posibilidad de extender la medida de evacuación inicial a otras áreas de la Zona I, en función de los resultados de la estimación de

consecuencias radiológicas en la misma. Ver figuras 1 y 2.

- *Definición de una escala de gravedad del accidente mediante categorías, en función del estado operativo de la central accidentada, y situaciones de emergencia en el exterior,* en función de las consecuencias radiológicas estimadas. Definición de una relación entre ambas clasificaciones, aplicable fundamentalmente, en los primeros momentos, para actuaciones urgentes. La definición de categorías no difiere de las actuales y está recogida en el plan de emergencia interior de cada central nuclear. Se han definido, a partir de los niveles de intervención para medidas urgentes, tres situaciones de actuación (1, 2, 3) y una complementaria de vigilancia (0) en función de las medidas de protección urgentes aplicables o

Grupo	Alcance trabajos	Niveles de dosis
1	Acciones urgentes en el lugar del accidente	Umbral de aparición de efectos deterministas
2	Aplicación de medidas de protección urgentes	Límite de dosis anual para la exposición en un año del personal profesionalmente expuesto según el RPSCRI (50mSv dosis efectiva)
3	Actuaciones fase de recuperación	Límites de dosis para los trabajadores expuestos

Categoría	Situación	Medidas de protección (*)
I	0	-
II, III	1	Control de accesos
IV	2	Confinamiento
	3	Profilaxis Evacuación

(\*) Medidas de protección que definen la situación. En cada situación se consideran además otras medidas complementarias

Tabla 4. Categorías y situaciones de emergencia

previstas y de otras consideraciones relacionadas con la central accidentada y las condiciones meteorológicas. En la tabla 4 se describe la relación entre categorías y situaciones.

### **Propuesta de los aspectos orgánicos y operativos de los grupos radiológicos de los planes provinciales**

El grupo radiológico es uno de los grupos de acción integrado en la estructura de los planes provinciales de emergencia nuclear. Sus funciones, relacionadas con los aspectos radiológicos de una emergencia y con el asesoramiento e información a la dirección del plan en estos temas, se resumen en: conocer el estado de la central accidentada, estimar la evolución del suceso, estimar las consecuencias radiológicas, recomendar la clasificación de las situaciones de emergencia y de las medidas de protección, efectuar medidas de radiación y contaminación, el control dosimétrico de los actuantes, vigilar la contaminación de la población y actuantes, colaborar con otros grupos y con el mantenimiento del plan.

El CSN, como encargado de la gestión completa del grupo radiológico, ha hecho una propuesta que

incluye todos los aspectos relacionados con el mismo: estructura, funciones, operatividad y medios específicos.

En esta propuesta, se ha tenido en cuenta la experiencia adquirida en la aplicación del Plaben y, en concreto, la adquirida en los ejercicios periódicos y simulacros realizados en los planes de emergencia provinciales.

### **Propuesta del nivel central de respuesta para todo lo relacionado con la seguridad nuclear y la protección radiológica**

El Plaben hace mención al nivel central de respuesta y apoyo integrado por la DGPC y el CSN, pero no lo desarrolla. Uno de los objetivos del Plaben nuevo es su desarrollo.

El CSN ha elaborado una propuesta de establecimiento de un nivel central de respuesta radiológica considerando el cometido fundamental del CSN en la respuesta a emergencias nucleares y radiológicas y en la vigilancia radiológica ambiental, como único organismo competente por ley en materia de seguridad nuclear y protección radiológica en el Estado español.

La Sala de Emergencias del CSN,

con la organización específica de respuesta a emergencias nucleares del organismo, constituye el instrumento de gestión y coordinación del nivel central de respuesta radiológica para emergencias nucleares y la actuación del CSN está recogida el Plan de Actuación para casos de emergencias nucleares y radiológicas.

En este contexto, la actuación del CSN y de los restantes integrantes del nivel central de respuesta y apoyo se coordina desde el Centro de Coordinación Estatal de la DGPC.

### **REFERENCIAS**

- (1) Plan Básico de Emergencia Nuclear (Plaben), aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del día 13 de marzo de 1989.
- (2) Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril (REAL DECRETO 387/1996, de 1 de marzo).
- (3) REAL DECRETO 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.
- (4) Ley 14/1999, de 4 de mayo, de Tasas y Precios Públicos por servicios prestados por el Consejo de Seguridad Nuclear.
- (5) Directiva 96/29/EURATOM, de 13 de mayo de 1996 "Normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes".
- (6) TECDOC-953 de la OIEA "Método para el desarrollo de la preparación de la respuesta a emergencias nucleares o radiológicas".
- (7) REAL DECRETO 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

# Cambios en la normativa aplicable a las instalaciones radiactivas y actividades conexas

**Manuel Rodríguez Martí - (Subdirector de Protección Radiológica Operacional)**  
**Ignacio Lequerica Pérez - (Director Técnico de Protección Radiológica)**

## RESUMEN

La reglamentación sobre seguridad nuclear y protección radiológica en España ha sido objeto de importantes modificaciones en los últimos años. Estas modificaciones se han debido fundamentalmente a la necesidad de incorporar conceptos surgidos con posterioridad a la entrada en vigor de la normativa, a la aparición de nuevas recomendaciones de organismos internacionales, a la obligación de transponer a la reglamentación nacional normas dictadas por la Comisión Europea o simplemente a la conveniencia de dar cobertura legal a prácticas, actuaciones reguladoras o situaciones que se venían produciendo de hecho y que no fueron consideradas en el momento de redacción de la normativa.

Esas modificaciones han afectado a la reglamentación básica, introduciéndose diversas modificaciones a la Ley sobre energía nuclear de 1964 relativas a la gestión de residuos radiactivos y al régimen sancionador aplicable. Asimismo se ha modificado la ley de Creación del CSN de 1980, ampliando las funciones asignadas a este organismo y reconociéndole capacidad para la elaboración y aprobación de normativa técnica.

En el ámbito reglamentario se ha aprobado una nueva versión del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas introduciendo diversos cambios en el licenciamiento de las instalaciones, regulando nuevas actividades e incorporando la consideración de los procesos de desmantelamiento y clausura, prácticamente ausentes en la reglamentación anterior. Más recientemente se ha aprobado una nueva versión del Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes, recogiendo las recomendaciones incluidas en la publicación número 60 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, transponiendo con ello en gran medida la directiva 96/29 Euratom sobre normas básicas de protección radiológica.

El CSN en el ejercicio de la facultad para aprobar normativa técnica que le ha sido reconocida recientemente ha emitido diversas Instrucciones, Instrucciones Técnicas, y Circulares relativas a temas generales de protección radiológica de los trabajadores y otros específicos de sectores de instalaciones radiactivas. En el presente artículo se describe brevemente el contenido de las mismas.

## SUMMARY

Regulation on nuclear safety and radiological protection in Spain has gone through a significant modification process in the last years. The purpose of these modifications was to embody new emerging concepts or recommendations of the international organisations, to transpose the basic radiation protection rules issued by the European Union, or just to adapt practices and factual situations which are acceptable and were not properly taken into account when the original regulation was issued.

The mentioned modifications have affected to the basic Nuclear Energy Law dated 1964 in matters connected with the definition of radioactive wastes and the enforcement regime. The Nuclear Safety Council Creation Law dated 1980 has also been modified to increase the scope of responsibilities of the regulatory body, for instance giving to it the capability to issue by itself regulations of general application.

A new edition of the Regulation on Nuclear and Radioactive Installations has been approved in 1999, introducing changes in the licensing procedure, regulating new activities and taking into account the dismantling and decommissioning processes. More recently, in July 2001, a new edition of the Regulation on Radiation Protection has been issued, incorporating the recommendations of ICRP 60 publication and transposing the European Union directive 96/29 on basic radiation protection rules.

CSN by exercising its new competence to approve and publish regulations by itself, has issued different Instructions, Technical Instructions and Circular Letters addressing general occupational radiation protection issues and matters concerning specific radioactive installations fields. In the article the content of these requirements is described.

## INTRODUCCIÓN

Recientemente se ha producido una actualización importante en la reglamentación nuclear aplicable en España. Ello se ha debido fundamentalmente a la transposición a la reglamentación nacional de la normativa de la Unión Europea y en especial de la Directiva 96/29/Euratom sobre normas básicas de protección radiológica. Asimismo se han introducido modificaciones parciales a normas vigentes que sin ser de gran alcance incorporan cambios conceptualmente importantes.

El objeto del presente artículo es exponer de forma resumida los cambios más importantes que se han introducido en la reglamentación española sobre seguridad nuclear y protección radiológica y que afectan a las instalaciones radiactivas con fines médicos, industriales, científicos, comerciales o agrícolas, a las instalaciones de rayos x de radiodiagnóstico médico y a las actividades relacionadas con ellas tales como Servicios y Unidades de Protección Radiológica, Servicios de Dosimetría Personal o Empresas de Venta y Asistencia Técnica. En la explicación de los cambios en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes se incluyen unas consideraciones generales sobre el proceso de definición y revisión de la normativa de protección radiológica y la intervención en el mismo de los organismos internacionales y en particular, de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

Además de los cambios que se han producido en la reglamentación se ha producido una modificación de la organización Gubernamental responsable de esas materias en nuestro país cuyo exponente más significativo ha sido la desaparición del Ministerio de

Industria y Energía. A lo largo del artículo cuando se alude a las autoridades se utiliza la asignación de responsabilidades actualmente vigente según la cual todas las funciones sobre esta materia anteriormente asignadas al Ministerio de Industria y Energía recaen en el Ministerio de Economía.

## NORMAS BÁSICAS

La regulación básica aplicable a las instalaciones radiactivas y actividades conexas en España se recoge en la Ley 25/1964 sobre energía nuclear y en la Ley 15/1980 de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.

Aunque ninguna de esas dos leyes ha sido revisada en su totalidad desde las fechas en que fueron inicialmente aprobadas, en los últimos años se han introducido algunas modificaciones en las mismas.

### *Ley sobre energía nuclear*

Esta ley fue modificada en el año 1997 a través de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

En la disposición adicional cuarta de la ley 54/1997 se modifica la definición de residuo radiactivo establecida en el artículo 2.7 de la Ley de energía nuclear según la cual "residuos radiactivos son todo material o producto de desecho que presente trazas de radiactividad".

La nueva definición de residuos radiactivos establece que "residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Economía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear".

Con este cambio se introduce en nuestra reglamentación la posibilidad

de aplicar a los residuos radiactivos el principio de Desclasificación, es decir de liberar del cumplimiento con la reglamentación específicamente nuclear a aquellos materiales o productos de desecho que contengan muy bajos niveles de radiactividad, por debajo de los valores aprobados por el Ministerio de Economía, permitiendo su gestión como residuos convencionales.

La disposición adicional quinta de la Ley 54/1997 modifica asimismo el Capítulo XIV de la Ley de energía nuclear, artículos 91 a 95, en el que se establece el régimen sancionador en materia nuclear.

Ese régimen sancionador se modifica nuevamente mediante la disposición adicional primera de la Ley 14/1999, de 4 de mayo, de Tasas y Precios Públicos por servicios prestados por el Consejo de Seguridad Nuclear. Hasta ese momento la potestad sancionadora era reconocida exclusivamente al Ministerio de Economía o los Órganos de las Comunidades Autónomas que tenían transferidas las competencias en materia de autorizaciones de Instalaciones Radiactivas. Mediante esta modificación se faculta al CSN para apercibir, requiriendo la adopción de medidas correctoras, a los titulares de las actividades reguladas que hayan cometido infracciones sancionables, cuando las circunstancias del caso lo aconsejen y siempre que de los incumplimientos no se deriven daños o perjuicios directos a las personas o el medio ambiente. En el caso de que el titular no adopte las medidas correctoras requeridas por el CSN en el apercibimiento se reconoce la capacidad de este organismo para imponer multas coercitivas. El CSN debe informar de estas actuaciones a los Órganos competentes para incoar expedientes sancionadores.

### **Ley de creación del Consejo de Seguridad Nuclear**

Esta ley fue modificada en el año 1999 a través de la Ley 14/1999, de 4 de mayo, de Tasas y Precios Públicos por servicios prestados por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En la disposición adicional primera de la Ley 14/1999 se modifica el artículo 2º de la Ley de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) en el que se establecen las funciones de este organismo.

Se introducen los siguientes cambios:

- Reconoce capacidad al CSN para la elaboración y aprobación de normativa de carácter técnico (Instrucciones, Circulares y Guías) relativas a instalaciones nucleares y radiactivas y actividades conexas.
- Faculta al CSN para proponer la apertura de expedientes sancionadores en el ámbito de su competencia y establece que cualquier expediente sancionador en ese ámbito, que sea iniciado por otras administraciones, debe contar con el informe preceptivo del CSN.
- Incorpora la capacidad del CSN para la autorización e inspección y control de las entidades o empresas que prestan servicios de protección radiológica.
- Recoge explícitamente la obligación del CSN de colaborar con las autoridades competentes en materia de vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos y en la atención sanitaria de personas afectadas por las radiaciones ionizantes.
- Asigna al CSN la creación del registro de Empresas Externas con trabajadores expuestos que prestan servicios en instalaciones nucleares y radiactivas así como la inspección y control de esas empresas.
- Faculta al CSN para emitir, a solici-

tud de los interesados, declaraciones de apreciación favorable de diseños, metodologías, modelos de simulación, o protocolos de verificación relacionados con la seguridad nuclear o la protección radiológica.

- Recoge la obligación del CSN de informar al Ministerio de Economía sobre las concentraciones o niveles de actividad de materiales de desecho para su consideración como residuos radiactivos.
- Faculta al CSN para homologar programas y cursos de formación que capaciten para la obtención de acreditaciones, licencias o diplomas necesarios para dirigir u operar las instalaciones nucleares o radiactivas o realizar funciones de Jefe de Protección Radiológica.
- Asigna al CSN la realización de estudios, evaluaciones e inspecciones de planes, programas y proyectos relativos a la gestión de residuos radiactivos.
- Faculta al CSN para la evaluación inspección y control y propuesta de medidas a adoptar en situaciones de emergencia que puedan afectar a la seguridad nuclear y la protección radiológica y que tengan su origen en prácticas no sujetas a la reglamentación nuclear.

La mayoría de estos cambios se refieren a funciones que el CSN ya venía realizando, en aplicación de normativa aprobada con posterioridad a la entrada en vigor de su Ley de creación o debido a que se habían presentado situaciones no previstas en la reglamentación vigente.

Una novedad especialmente significativa es la que se refiere al reconocimiento de la capacidad del CSN para elaborar y aprobar normativa técnica. Esta capacidad fue concretada y desarrollada mediante acuerdo del propio

CSN de diciembre de 2000, en el que se establece la definición, carácter, contenido y procedimiento de elaboración de los diferentes instrumentos normativos que el organismo puede elaborar y aprobar. A continuación se expone el contenido del citado acuerdo:

#### Instrucciones del Consejo

Son disposiciones generales o reglamentarias dictadas por el CSN en virtud de habilitación legal directa, emitidas con carácter vinculante, dirigidas a un colectivo o número indeterminado de sujetos, y que tienen por objeto materias técnicas relacionadas con el ejercicio de sus propias competencias sobre seguridad nuclear y protección radiológica.

Son verdaderos reglamentos, con vocación de permanencia y pasan a integrarse en el ordenamiento jurídico, pudiendo ser objeto de revisión contencioso administrativa como cualquier norma general.

Su incumplimiento estaría tipificado legalmente como infracción administrativa.

Por lo que se refiere al procedimiento de elaboración los trámites sustanciales serán: propuesta inicial con documentación justificativa; audiencia de las organizaciones o sectores interesados; informe, en su caso, de los Departamentos ministeriales con los que tuviera relación el objeto de la instrucción; informes técnico y jurídico; aprobación final por el Consejo de Seguridad Nuclear, y publicación en el Boletín Oficial del Estado.

#### Instrucciones Técnicas.

Se trata de actos administrativos dictados con efectos vinculantes por el CSN con fundamento en sus potestades de inspección y control, dirigidos a uno o varios sujetos concretos determinados o determinables, sometidos al



CSN en virtud de relaciones especiales de supremacía, derivadas de la posesión de licencias o autorizaciones previas, o del ejercicio de competencias propias del CSN.

Tienen el carácter de actos jurídicos administrativos que consolidan formalmente acuerdos o decisiones del Consejo y, por tanto, no se integran en el ordenamiento jurídico.

El procedimiento administrativo de elaboración aplicable es el propio de cualquier acuerdo o toma de decisión del Organismo. Debe ser debidamente notificada, y motivada en su caso, pero no llevan aparejada la exigencia de su publicación en el BOE.

Su incumplimiento estaría tipificado legalmente como infracción administrativa.

Al margen de su justificación legal, las propias facultades estatutarias de inspección y control que tienen atribuidas el CSN y sus Direcciones Técnicas fundamentan la capacidad de dictar Instrucciones particulares.

#### Instrucciones Técnicas Complementarias.

Con fuerza obligatoria con respecto al titular concreto de la autorización.

Su fundamentación jurídica se halla en el artículo 6.4. del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas aprobado por R.D. 1836/99.

Son asimismo actos administrativos de cumplimiento obligatorio integrado en la licencia aunque se atribuya a sujeto distinto del autorizante.

Se aprueban por el Consejo, elaborándose del mismo modo que las Instrucciones Técnicas cuando se dictan por el Consejo, con notificación al titular, cumpliendo los requisitos del régimen administrativo.

No es exigible su publicación en el BOE.

#### Guías de Seguridad.

Son documentos recomendatorios, salvo que una norma los dote de carácter coercitivo, no tanto por su contenido sino porque lo exija la disposición.

Su finalidad es la de lograr un mejor cumplimiento de las previsiones y preceptos reglamentarios, orientando y no imponiendo al administrado las tomas de decisión más adecuadas.

#### Circulares Informativas.

Son actos o acuerdos que se transmiten a una pluralidad de sujetos, sobre los que puede o no mantener el CSN una relación de supremacía, pero que se caracterizan por transmitir un mensaje de contenido preventivo, ilustrativo y desde luego no obligatorio.

Más adelante en el presente artículo se describen las Instrucciones del Consejo, Instrucciones Técnicas, Instrucciones Técnicas Complementarias y Circulares que el CSN ha remitido en relación a instalaciones radiactivas y actividades conexas desde la adopción del citado acuerdo.

### **NORMAS REGLAMENTARIAS**

#### ***Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas aprobado por R.D. 1836/99 de 3 de diciembre de 1999.***

Constituye una actualización completa del reglamento aprobado en julio de 1972, para desarrollar el capítulo V de la Ley de energía nuclear, relativo a las autorizaciones para las instalaciones nucleares y radiactivas.

El nuevo reglamento incorpora la normativa sobre seguridad nuclear y protección radiológica aprobada en nuestro país desde 1972 e incluye aspectos derivados de la transposición a la reglamentación nacional de la Directiva 96/29 Euratom sobre nor-

mas básicas de protección radiológica.

Como es lógico la revisión completa del reglamento, tras más de 25 años de vigencia, introduce una gran cantidad de novedades, a continuación se describen brevemente las más importantes en relación con las instalaciones radiactivas y actividades conexas.

#### a) Aplicación del Reglamento.

En las disposiciones generales relativas a la aplicación del nuevo reglamento se tiene en cuenta el establecimiento del estado de las autonomías y las transferencias a éstas de las funciones en materia de autorización de instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría. No obstante se reconoce validez para todo el estado español de las autorizaciones concedidas por una Comunidad Autónoma, estableciéndose la obligación de los titulares de notificar a los órganos competentes de todas las comunidades autónomas en las que vaya a actuar, previéndose la posibilidad de que éstas manifiesten su oposición, de forma motivada, y requieran al titular la obtención de una autorización expresa para su territorio. Se prevé un único registro de instalaciones radiactivas adscrito al Ministerio de Economía.

En cuanto a los organismos que intervienen en el procedimiento para la obtención de las autorizaciones se define la actuación del CSN de manera acorde con lo establecido en la Ley de creación de este organismo, se establece el carácter preceptivo, y vinculante cuando tengan carácter denegatorio, de los informes del CSN.

Como se ha comentado más arriba introduce la facultad del CSN para remitir directamente a los titulares de las actividades autorizadas instrucciones técnicas complementarias.

En el artículo 7 se define un contenido mínimo para las autorizaciones de las instalaciones, acorde con la práctica de licenciamiento que venía realizándose en aplicación del anterior reglamento.

En el artículo 9 se trata la cobertura de riesgos nucleares definida en el capítulo VII de la ley de energía nuclear. Como novedad más significativa se exime de la obligación de constituir la cobertura de riesgos nucleares a las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría e instalaciones de rayos x con fines de radiodiagnóstico médico.

### b) Definición de instalaciones radiactivas, clasificación y autorizaciones.

Los aspectos específicos relativos a las instalaciones radiactivas se recogen en el Título III. La definición de instalaciones radiactivas establecida en el reglamento de 1972 ya había sido modificada mediante la disposición adicional primera de la Ley 15/1980 de Creación del CSN. El nuevo reglamento separa la definición de las instalaciones de su clasificación en categorías.

Se mantiene la clasificación de las instalaciones radiactivas en tres categorías. Se consideran de primera categoría las instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear y las instalaciones industriales de irradiación provistas con fuentes radiactivas. Anteriormente todas las instalaciones de irradiación industrial ( con fuentes radiactivas o con equipos generadores de radiación) se consideraban de primera categoría.

La clasificación de las instalaciones de segunda y tercera categoría se realiza en base a las cantidades exentas para los distintos radionucleidos, en términos de actividad o actividad por unidad de masa, incluidas en el anexo I del propio reglamento. Se consideran de segunda categoría las instalaciones con actividades superiores a mil veces los

valores de exención y de tercera categoría aquellas con actividades superiores a estos valores e inferiores a mil veces los mismos.

En el anexo I se identifican asimismo prácticas concretas que se consideran exentas y se faculta al Ministerio de Economía para declarar exentas otras prácticas en las que se manejen materiales radiactivos siempre que las dosis esperables sean inferiores a valores especificados. Finalmente permite exencionar aquellas prácticas para las que, de las evaluaciones para optimización de la protección radiológica, se deduzca que esa es la condición óptima.

El artículo 36 del nuevo reglamento establece que las instalaciones radiactivas distintas a las del ciclo del combustible nuclear requerirán Autorización de Funcionamiento, Declaración de Clausura y, en su caso, autorización de Modificación y de Cambio de Titularidad. Este es, sin duda, el cambio más importante que se introduce. Hasta entonces el licenciamiento de las instalaciones radiactivas requería de autorización previa, de construcción y de puesta en marcha así como autorización de modificación. La autorización previa sólo se exigía para las instalaciones de primera categoría y la de construcción a las de primera y segunda categoría. Así pues este cambio unifica el proceso de licenciamiento de todas las instalaciones radiactivas, con independencia de su categoría e incorpora la consideración del proceso de Clausura, no previsto en el reglamento anterior.

### c) Concesión de autorizaciones de instalaciones radiactivas.

El capítulo III del título III desarrolla el procedimiento para la obtención de las autorizaciones requeridas para las instalaciones radiactivas, estableciendo el trámite de las solicitudes y la documentación que debe acompañar a las mis-

mas. Esta es básicamente la misma que se requería en el anterior reglamento para obtener la autorización de puesta en marcha si bien se introducen novedades en el contenido de los Planes de Emergencia Interior de las instalaciones y se requiere la presentación de las previsiones del titular para la clausura de la instalación y la cobertura económica de la misma. Sólo se requiere la presentación de Manual de Garantía de Calidad para las instalaciones radiactivas de primera categoría.

La Autorización de Funcionamiento faculta al titular para la construcción y montaje de la instalación radiactiva, incluida la adquisición de equipos o material radiactivo. Para el inicio de la operación de la instalación se establece que, una vez que la instalación esté en condiciones de iniciar su funcionamiento, debe notificarlo al CSN para que este organismo pueda realizar la inspección previa requerida por el artículo 29 de la Ley de energía nuclear. Tras la inspección del CSN este organismo debe remitir un informe al órgano ejecutivo competente en materia de autorización para que éste emita una Notificación de Puesta en Marcha. El funcionamiento de la instalación sólo podrá iniciarse después de que el titular disponga de esta Notificación de Puesta en Marcha.

### d) Licencias de personal de las instalaciones radiactivas.

Otras de las novedades más importantes que incorpora el nuevo reglamento se refieren a las licencias de operadores y supervisores de las instalaciones radiactivas. Hasta entonces las licencias se concedían con validez para una instalación, el nuevo reglamento establece que se conceden para un campo de aplicación, creándose un registro de licencias en el CSN en el que se incluirá información sobre las instalaciones





en las que se aplican. Asigna al CSN la responsabilidad de establecer los campos de aplicación para los que se concederán las licencias.

Se amplían los plazos de la validez de las licencias y sus renovaciones de dos a cinco años.

Como vías para la obtención de las licencias se mantiene la superación de las pruebas propuestas por el Tribunal de Licencias del CSN, incorporándose además la superación de cursos o programas de formación, estos últimos realizados para la obtención de titulaciones académicas, que hayan sido homologados por el CSN. Esta segunda vía ya se había definido en la modificación de la Ley de creación del CSN aprobada en 1999.

Se actualizan los requisitos mínimos de titulación para la obtención de licencias, requiriéndose formación secundaria obligatoria o equivalente para las licencias de operadores y titulación universitaria de grado medio para las licencias de supervisores.

#### e) Otras actividades reguladas.

El antiguo reglamento disponía de un título específico para regular la fabricación de equipos radiactivos. En el nuevo reglamento el título VII tiene un mayor alcance ya que identifica otras prácticas, distintas de las instalaciones radiactivas, que precisan de autorización por el Ministerio de Economía con el informe del CSN. En estas actividades se incluyen la fabricación de equipos radiactivos o generadores de radiación; la adición de sustancias radiactivas a bienes de consumo; la importación, exportación y transferencia de materiales radiactivos y equipos generadores; la asistencia técnica de los equipos radiactivos o generadores de radiación; y la eliminación y tratamiento de sustancias radiactivas. Se prevé

la posibilidad de que el titular que precise disponer de algunas de estas autorizaciones y además deba disponer de una autorización como instalación radiactiva solicite una autorización única.

Se prohíbe expresamente el suministro de material radiactivo o equipos generadores a entidades que no dispongan de autorización para su posesión y uso. Se establece asimismo la obligación de suministradores y fabricantes de comunicar a sus clientes y al CSN la detección en sus productos de defectos o no conformidades que puedan degradar la fiabilidad de los mismos.

#### f) Aprobación de tipos de aparatos radiactivos.

El nuevo Reglamento incluye dos anexos el primero, ya comentado, se refiere a la exención de prácticas. En el segundo se establecen los requisitos, trámite y documentación para obtener la Aprobación de Tipo de aparatos radiactivos, para que su utilización quede exenta de la obligación de disponer de autorización como instalación radiactiva. Este anexo II sustituye y deja sin efecto la Orden Ministerial del Ministerio de Industria y Energía de 20 de marzo de 1975 que regulaba anteriormente esa materia.

### **Reglamento de Protección Sanitaria contra las radiaciones ionizantes**

#### El proceso de definición y revisión de la reglamentación en protección radiológica

La Reglamentación de PR ha estado sometida, desde sus orígenes, a un proceso continuo de definición y revisión, basado en la experiencia ligada a su aplicación y al conocimiento científico de los fenómenos de interacción de las radiaciones con la materia viva. Por

otra parte esta reglamentación es el resultado de un consenso internacional instrumentado secuencialmente a través de:

- Comités Científicos de estudios de los efectos de las radiaciones ionizantes: Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones atómicas (UNSCEAR), Comité sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes (BEIR).
- La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).
- Los organismos internacionales: Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Internacional del Trabajo (OIT), Organización sobre Alimentos y Agricultura (FAO).
- La incorporación a las normas básicas de la Unión Europea.
- La transposición a la reglamentación nacional.

A lo largo de la década de los ochenta, se mejoró el conocimiento de las dosis y los efectos a largo plazo sobre las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki de las radiaciones recibidas como consecuencia de las explosiones nucleares que se produjeron en estas ciudades en Agosto de 1945. A partir de esta información, la ICRP inició un ambicioso trabajo para revisar sus recomendaciones y las sometió a debate antes de su publicación. Instituciones de tanto prestigio como la Academia Francesa de las Ciencias, se opusieron abiertamente a la propuesta de nuevas recomendaciones, que finalmente fueron publicadas en 1990 (Publicación ICRP-60), y que incluyen una reducción de los límites de dosis para los trabajadores y para el público en general.

Estas recomendaciones fueron incorporadas por el OIEA, conjuntamente con diversos organismos internacionales (OMS, OIT, FAO, NEA/OCDE), en

la publicación Series de Seguridad nº 115-I "Normas internacionales básicas de seguridad para la protección contra radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación" (1994). Estas normas complementan las ya publicadas por el OIEA para instalaciones complejas como los reactores nucleares y las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos.

El 13 de mayo de 1996 la Unión Europea publicó la Directiva de Euratom 96/29, por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. Reconociendo la complejidad de los cambios que estas normas básicas podían suponer en cada uno de los estados miembros, se dio un plazo de cuatro años para efectuar la transposición de la Directiva a las reglamentaciones nacionales, cuando el plazo habitual para las transposiciones es de dos años.

Desde la fecha de la publicación de la Directiva, se inició en España el proceso de revisión del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, si bien se vio la necesidad de introducir los aspectos relativos a las autorizaciones de las prácticas en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, y desarrollar los aspectos relativos a las intervenciones en caso de emergencia en el Plan Básico de Emergencia Nuclear. Por otra parte, se detectó la necesidad de establecer un nuevo texto legal para definir las actuaciones exteriores necesarias en caso de emergencias en instalaciones diferentes de las centrales nucleares e incluso, en el caso de actividades no reguladas. Este texto es la Directriz de Riesgos Radiológicos, actualmente en elaboración.

A la fecha actual, la situación de la

necesaria actualización de la reglamentación española es la siguiente:

- Se ha publicado la revisión del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas el 31 de diciembre de 1999.
- Se ha publicado la revisión del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes el 26 de julio de 2001.
- Se prevé la publicación de la revisión del Plan Básico de Emergencia Nuclear y de la nueva Directriz de Riesgos Radiológicos, antes de final del año 2002.

### El nuevo Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), que se aprobó mediante Real Decreto 783/2001 de 6 de julio, publicado en el BOE de 26 de julio, transpone a la legislación española los preceptos de la Directiva 96/29 de la UE y supone una adaptación general de dicha legislación a las recomendaciones básicas de ICRP-60 introduciendo fundamentalmente los siguientes cambios:

#### *a) Principios Generales de la Protección Radiológica*

El RPSRI reafirma los principios generales de protección radiológica (justificación, optimización y limitación) incluidos en el anterior Reglamento, pero incorpora dos importantes novedades con respecto a la formulación previa de dichos principios:

- contempla la posibilidad de que algunas prácticas puedan ser revisadas desde el punto de vista de su justificación, siempre que surjan nuevas e importantes evidencias sobre su eficiencia o consecuencias.
- refuerza la aplicación del principio de optimización requiriendo que se

mantengan en el nivel más bajo que sea razonablemente posible no sólo las dosis individuales, sino también el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones potenciales

- recoge el concepto de "restricción de dosis" (dose constraint), que se había introducido en ICRP-60 a modo de factor limitante en el proceso de optimización.

#### *b) Nuevos Límites de dosis*

En nuevo RPSRI se adapta a los límites de dosis que se establecían en ICRP-60 y, en consecuencia:

- En el caso de los trabajadores expuestos, el RPSRI establece un límite de dosis efectiva de 100 mSv en cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.
- En el caso de los miembros del público, el RPSRI establece un límite de dosis efectiva de 1 mSv por año oficial permitiendo que, en circunstancias especiales, el CSN pueda autorizar un valor de la dosis efectiva más elevado en un único año oficial, siempre que el valor promedio en cinco años consecutivos no sobrepase 1 mSv por año oficial.

Con respecto al anterior Reglamento, no hay variación en el valor numérico de los límites anuales de dosis a la piel (500 mSv para trabajadores expuestos, 50 mSv para miembros del público), que ahora se refieren al año oficial. Se establece no obstante que dichos límites aplican a la dosis promediada sobre 1 cm<sup>2</sup>, independientemente de la zona expuesta, en lugar de los 100 cm<sup>2</sup> que se establecían en el anterior Reglamento.

#### *c) Protección especial durante el embarazo y la lactancia*

Se introducen importantes novedades



con respecto al anterior Reglamento, que establecía un límite de 10 mSv para la dosis a recibir por el feto, desde el momento de la detección del embarazo.

El nuevo RPSRI establece que tan pronto como una mujer embarazada comunique su estado al titular de la práctica, las condiciones de trabajo de la mujer embarazada deben ser tales que la dosis equivalente al feto sea tan baja como sea razonablemente posible, de forma que sea improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv, al menos desde la comunicación de su estado al final del embarazo.

El nuevo RPSRI no establece, a diferencia de lo que sucedía en el anterior, el límite adicional de 13 mSv al trimestre para la dosis del abdomen de mujeres en edad fértil.

#### d) Clasificación de Zonas

La clasificación de Zonas en el nuevo RPSRI se realiza no sólo en base a la probabilidad de exceder determinadas dosis (como en el anterior reglamento) sino, también, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de exposiciones potenciales y la posibilidad de dispersión de la contaminación radiactiva:

- Zona controlada es aquella zona en que:
  - existe posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o dosis equivalentes superiores a 3/10 de los límites aplicables a cristalino, piel o extremidades, o
  - es necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación, prevenir la probabilidad de accidentes radiológicos o limitar las consecuencias de los mismos
- Zona vigilada es aquella zona, no clasificada como controlada, en que existe posibilidad de recibir dosis efecti-

vas superiores a 1 mSv por año oficial o dosis equivalentes superiores a 1/10 de los límites aplicables a cristalino, piel o extremidades.

Asimismo, el RPSRI establece una subdivisión adicional de zonas controladas, distinguiendo entre:

- Zona de permanencia limitada, que es aquella en la que se podrían exceder los límites de dosis, en caso de permanencia continuada en la misma.
- Zona de permanencia reglamentada, que es aquella en que se podrían exceder los límites de dosis, en caso de permanecer en la misma cortos períodos de tiempo.
- Zona de permanencia prohibida, que es aquella en que se podrían exceder los límites de dosis, en una única exposición

#### e) Sistemática aplicable a la dosimetría de área

El nuevo RPSRI mantiene la posibilidad de que la dosimetría de los trabajadores expuestos de categoría B se pueda llevar a cabo por medio de una dosimetría de área, pero impone requisitos adicionales a los que se recogían en el anterior Reglamento:

- Los sistemas de detección y medida utilizados para la dosimetría de área deberán permitir demostrar que los trabajadores están adecuadamente clasificados en la categoría B.
- La sistemática para el uso de los dosímetros o instrumentos utilizados para la dosimetría de área y el procedimiento de asignación de dosis asociado deberá incluirse en un protocolo escrito, sujeto a la evaluación e inspección del CSN.

#### f) Vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos

El nuevo RPSRI establece, que la vigilancia médica de los trabajadores ex-

puestos se basará en los principios generales de medicina del trabajo y en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. 31/1995 (art. 39)

En el nuevo RPSRI desaparece la figura del Servicio Médico Especializado (SME), cuyas competencias y responsabilidades pasan al "Servicio de Prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud", si bien en la Disposición Transitoria Tercera se establece la validez de las autorizaciones de SME solicitadas previamente.

#### g) Evacuación de sustancias radiactivas al medio ambiente

El nuevo RPSRI desarrolla, con mayor profundidad que en el anterior Reglamento, todos los aspectos relacionados con la evacuación de sustancias radiactivas al medio ambiente, estableciendo que:

- La evacuación de efluentes y de residuos radiactivos sólidos al ambiente requiere de autorización expresa del Ministerio de Economía, previo informe del CSN, y que debe ajustarse a límites y condiciones que se definan en dicha autorización.
- El titular de cada práctica debe realizar, con periodicidad anual, una estimación realista de las dosis recibidas, tanto por la población en su conjunto como por los grupos de referencia de la misma.

#### h) Intervenciones

El nuevo RPSRI se adapta a las recomendaciones de ICRP-60 en lo relativo a considerar de forma separada la protección radiológica en prácticas (actividad humana que puede aumentar la exposición) e intervenciones (actividad humana iniciada con el objeto de evitar o reducir la exposición). Bajo el concepto de intervención se engloban las medidas destinadas a reducir la exposición

en situaciones de emergencia radiológica o en situaciones de contaminación residual que tengan su origen en prácticas o emergencias acaecidas en el pasado (exposiciones perdurables). El RPSRI establece los principios aplicables a las intervenciones.

### *i) Exposición a fuentes naturales de radiación*

El nuevo RPSRI incluye en su ámbito de aplicación aquellas actividades laborales que implican una exposición significativa a fuentes de radiación natural, pero no sólo bajo la perspectiva de la exposición ocupacional, que era lo que se establecía en ICRP-60, sino que también se contempla la exposición de miembros del público a consecuencia de estas actividades. El RPSRI aborda esta temática de una forma prudente, estableciendo que:

- Las autoridades competentes pertinentes al caso (con el asesoramiento del CSN) requieran a los titulares de las actividades laborales involucradas la realización de los estudios que sean necesarios para determinar si existe un incremento significativo de la exposición de trabajadores o del público.
- Las autoridades competentes remitirán al CSN los resultados de los estudios realizados quien, a la vista de los mismos identificará aquellas actividades laborales que deben ser objeto de especial atención y estar sometidas a control, y decidirá sobre las medidas de protección radiológica aplicables (vigilancia radiológica, acciones correctoras, etc.). Tales medidas deben ser comunicados a la autoridad competente involucrada para que exija su aplicación al titular de la actividad laboral.

El RPSRI incluye algunos ejemplos ilustrativos de situaciones a las que les po-

drían resultar aplicables estas disposiciones, como son:

- Actividades laborales que implican la exposición de trabajadores o del público a los descendientes del radón (cuevas, minas, establecimientos termales, etc.)
- Actividades laborales que implican el almacenamiento o manipulación de materiales no considerados habitualmente como radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales
- Actividades laborales que generan residuos no considerados habitualmente como radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales
- Actividades laborales que impliquen la exposición a la radiación cósmica durante la operación de aeronaves

En el ámbito de aplicación del RPSRI se excluye explícitamente su aplicación a la exposición al radón en las viviendas y a los denominados niveles naturales de radiación (radionucleidos naturales contenidos en el cuerpo humano, rayos cósmicos a nivel del suelo, exposición por encima del nivel del suelo debida a radionucleidos presentes en la corteza terrestre no alterada)

El RPSRI dedica una especial atención a la problemática de la exposición a la radiación cósmica de las tripulaciones de aviones, definiendo una serie de medidas aplicables al personal que pudiera recibir dosis superiores a 1 mSv/a como consecuencia de dicha actividad laboral. Tales medidas contemplan:

- La evaluación de la exposición del personal implicado
- La organización de los planes de trabajo a fin de reducir la exposición del personal de tripulación más expuesto.
- La información a los trabajadores implicados sobre los riesgos radiológicos asociados a su trabajo
- La aplicación al personal femenino

de las disposiciones generales relativas a la protección durante el embarazo y lactancia.

### *j) Estimación de dosis por exposición externa*

En lo relativo a las magnitudes operacionales utilizadas para la caracterización de los campos de radiación externa, el nuevo RPSRI incorpora las magnitudes radiológicas de ICRP-60:

- Dosis equivalente ambiental:  $H^*(d)$
- Dosis equivalente direccional:  $H'(d, \Omega)$
- Dosis equivalente personal:  $H_p(d)$

La incorporación de estas nuevas magnitudes operacionales no va a tener importantes implicaciones prácticas, ya que, en nuestro país, desde finales de los 80, la calibración de los dosímetros utilizados para la determinación de las dosis externas se lleva a cabo con arreglo a dichas magnitudes radiológicas.

### *k) Estimación de dosis por exposición interna.*

En el anterior Reglamento la estimación de las dosis internas se abordaba mediante la definición de límites de incorporación anual actividad (LIA) cuyos valores se establecían, isótopo por isótopo, tanto para trabajadores expuestos como para miembros del público. Adicionalmente, en el caso de los trabajadores expuestos, también se establecían los valores correspondientes de los límites de concentración derivada en aire (LCDA).

En el nuevo RPSRI ya no se contemplan límites secundarios, como son los LIA, ni límites derivados, como son los LCDA; la determinación de las dosis internas se aborda directamente en términos de límites básicos o de dosis. Para ello, se establecen valores, isótopo por isótopo, para la dosis efectiva comprometida por



unidad de incorporación, tanto para trabajadores profesionalmente expuestos como para miembros del público; dichos valores contemplan en ambos casos las vías de inhalación e ingestión.

En el caso de los miembros del público, en el establecimiento de dichos valores se consideran individuos-tipo representativos de cinco grupos de edad; este planteamiento supone una importante novedad con respecto a las anteriores normas básicas, que contemplaban un único valor del LIA para cada isótopo, sin entrar en matizaciones sobre su aplicabilidad a todo el espectro de edades del público (desde bebés a adultos).

#### La evolución del sistema de protección radiológica

Siguiendo el proceso descrito anteriormente, el sistema de Protección Radiológica está sometido a una continua evolución. La ICRP mantiene una importante actividad de la comisión misma y de sus cuatro grupos de trabajo, y ha iniciado el proceso para la revisión de sus recomendaciones.

El programa de trabajo establecido por la ICRP contempla la participación de las sociedades nacionales de PR y de la asociación de éstas (IRPA) y la participación de la Agencia para la Energía Nuclear (NEA/OCDE), en cuyo seno se ha constituido un grupo de trabajo para el análisis de la evolución del sistema de protección radiológica (EGRP) que está interaccionando con la ICRP. Los aspectos fundamentales que están siendo considerados en esta revisión de las recomendaciones son:

- la definición de unos niveles de dosis a los que se les asocia la necesidad de acciones protectoras, tomando en consideración el fondo radiológico natural.
- la clarificación del alcance del siste-

ma regulado de protección radiológica, racionalizando la actual dispersión entre los contenidos de material radiactivo que son objeto del mismo: aplicación de los conceptos de exención, desclasificación e intervención.

El proceso de revisión culminará con la edición de una nueva publicación conteniendo las recomendaciones de la ICRP, lo que se producirá en el 2004 o 2005, de acuerdo con la programación establecida. La incorporación a la reglamentación nacional se producirá bastantes años después, si se mantienen los plazos del anterior ciclo de revisión recientemente culminado.

#### **Reglamentación aplicable a las instalaciones de rayos x con fines de radiodiagnóstico médico.**

El artículo 28 de la ley de energía nuclear prevé la existencia de una regulación específica para estas instalaciones. Esta regulación fue aprobada en el año 1991 mediante el Real Decreto 1891/1991 sobre instalación y utilización de aparatos de rayos x con fines de diagnóstico médico.

En esta norma, aplicable a las instalaciones para diagnóstico de seres humanos o animales, se establece un procedimiento para la declaración de las mismas y su inscripción en un registro que se crea a tal efecto en la Dirección General de Política Energética y Minas o en las comunidades autónomas que tengan transferidas las competencias en materia de industria.

Para la inscripción en ese registro los titulares de las instalaciones deben presentar documentación relativa a las previsiones de uso de la instalación y sus condiciones de funcionamiento, certificados de homologación de los equipos de rayos x y certificado emitido por un Servicio o Unidad Técnica de

Protección Radiológica autorizado que asegure la conformidad de la instalación con las especificaciones técnicas aplicables y la adecuación de su construcción y montaje con el proyecto presentado.

El R.D. establece la obligación del titular de la instalación de cumplir las especificaciones técnicas incluidas en el anexo I.2 de la propia norma. Se trata de catorce especificaciones relativas a normas de funcionamiento, diario de operación, control de calidad de equipos, vigilancia de niveles de radiación en los puestos de trabajo, acreditación de personal, vigilancia sanitaria y control dosimétrico de los trabajadores expuestos, así como diversos requisitos de diseño y operacionales en materia de protección radiológica.

El R.D. establece la obligación de personal que vaya a dirigir u operar las instalaciones de rayos x de disponer de una acreditación emitida por el CSN. La obtención de estas acreditaciones requiere que los aspirantes demuestren conocimiento, adiestramiento y experiencia suficiente en materia de protección radiológica o superar un curso homologado al efecto por el CSN.

También se regulan en este R.D. las Empresas de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos x de radiodiagnóstico médico, estableciéndose para las mismas un procedimiento de autorización e inscripción en un registro.

Aunque se trata de una norma relativamente reciente, desde su publicación se han producido diversos cambios. En el año 1996 se aprobó el Real Decreto 414/1996 por el que se regulan los productos sanitarios en el que se definen requisitos aplicables al diseño y fabricación de los equipos de rayos x para uso médico. En el año 1999 se aprobó el Real Decreto 1976/1999 por el que se establecen los criterios de

calidad en radiodiagnóstico, que sustituye a otro decreto de 1995 sobre esta materia, y que viene a trasladar a la reglamentación nacional parte de la Directiva 97/43/ EURATOM sobre protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas.

La aparición de estas nuevas normas hacen necesaria la actualización del R.D. 1891/1991.

### **MORMATIVA TECNICA DEL CSN**

A continuación se describe brevemente la normativa técnica elaborada por el CSN en aplicación de lo dispuesto en el artículo 2.a de su ley de creación.

#### **Instrucciones del Consejo.**

Hasta la fecha sólo se ha aprobado una de estas normas, la Instrucción de 31 de mayo de 2001 del CSN (B.O.E. de 8 de agosto de 2001), número IS-1, por la que se define el formato y contenido del documento individual de seguimiento radiológico (carné radiológico).

Esta norma constituye el desarrollo de las disposiciones incluidas en el R.D. 413/1997 sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada, que transpone a la reglamentación nacional la Directiva 90/641/Euratom. El Artículo 7 del R.D. se refiere al Carné Radiológico, en él se define el documento y se establecen los aspectos que debe comprender el carné al asignarlo, antes de iniciar una intervención y al finalizar la misma. Faculta al CSN para definir el formato y contenido del carné radiológico.

El carné radiológico se venía utilizando de hecho en España desde el año 1990 como documento para el seguimiento dosimétrico de los trabajadores que prestaban servicios en diversas ins-

talaciones, sin embargo no se había aprobado ninguna norma para implantar y regular su uso.

La Instrucción del Consejo identifica los trabajadores nacionales o extranjeros que deben poseer carné radiológico, establece las obligaciones sobre cumplimiento del mismo tanto de las empresas externas como de los titulares de las instalaciones en las que éstos prestan servicios. Asimismo indica las condiciones de uso, vigencia, emisión y renovación del carné así como las actuaciones a realizar en caso de pérdida.

En el anexo I de la Instrucción se incluye el formato completo del carné radiológico. Este es sustancialmente diferente al que se venía utilizando anteriormente debido a la necesidad de adaptarlo a los requisitos del R.D. 413/1997 y debido también a que, en la fecha en que se aprobó la Instrucción del CSN, ya a había sido aprobada el Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes de 2001 en el que se establecen nuevos límites de dosis que requieren un seguimiento anual, por años naturales y un seguimiento quinquenal, frente a los límites anteriormente vigentes que requerían seguimiento de periodos de doce meses consecutivos.

Coherentemente con esto se establece como fecha de entrada en vigor del nuevo carné radiológico el 1 de enero de 2002, coincidente con la de los nuevos límites de dosis.

Actualmente se encuentran en elaboración otras propuestas de Instrucciones del CSN relativas a los siguientes temas:

- Requisitos de formación de trabajadores externos, también para desarrollar el contenido del R.D. 413/1997.
- Requisitos de formación del personal técnico de Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica.
- Homologación de cursos para la ob-

tención de acreditaciones para dirigir u operar instalaciones de rayos x de radiodiagnóstico médico. Pretende actualizar el contenido de la Resolución del CSN de 5 de noviembre de 1992 sobre esta materia.

- Definición de campos de aplicación para la emisión de licencias de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas por el CSN. Pretende desarrollar el artículo 56 del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.

### **Instrucciones Técnicas Complementarias**

26/09/01 Instrucciones complementarias a las autorizaciones de las instalaciones radiactivas industriales de medida de densidad y humedad de suelos.

Tienen su origen en la frecuencia relativamente elevada con la que se producen sucesos de arrollamiento por vehículos pesados de los equipos móviles para medida de densidad y humedad de suelos durante su operación. Su objetivo es que los titulares de las instalaciones adopten medidas para reducir esa frecuencia.

Requieren que durante el almacenamiento y la operación de esos equipos se establezcan medidas de señalización y control de accesos de zona, procediendo al acordonamiento y balizamiento de la misma con dispositivos que produzcan destellos luminosos.

Asimismo se requiere que los operadores mantengan control visual de los equipos en todo momento y que éstos permanezcan en sus maletas de transporte siempre que no vayan a ser utilizados.

26/09/2001 Instrucciones complementarias a las autorizaciones de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial con equipos móviles.

Tiene su origen en el hecho de que estas instalaciones presentan con frecuencia



elevados valores de dosis individuales como resultado de una insuficiente aplicación del principio Alara.

Requieren a los titulares de las instalaciones la implantación de programas de inspección para supervisar las actuaciones en campo de los operadores, con el fin de verificar que éstas se desarrollan conforme a los procedimientos de operación y emergencia aprobados.

Asimismo se requiere la implantación de una sistemática de planificación de las tareas que incluya estimación a priori de las dosis esperadas para las operaciones de gammagrafía a realizar, tratando de optimizar esas dosis, considerando el número de operaciones, tiempos de trabajo, turnos y medios de protección radiológica. Los resultados de la dosimetría operacional (DLD) de los operadores se utilizarán para detectar desviaciones significativas respecto a las dosis planificadas y adopción, en su caso de acciones correctoras.

Los titulares deben establecer programas de reentrenamiento de los operadores, impartiendo, cada dos años cursillos de formación con contenidos análogos a los indicados en la Guía de Seguridad 5.12 del CSN. Estos cursillos pueden ser impartidos por los supervisores. Para la renovación de las licencias de personal los operadores deberán acreditar haber recibido esa formación.

Finalmente se requiere que las empresas de gammagrafía incluyan, en los contratos que suscriban con sus clientes, el compromiso de realizar sus trabajos en condiciones de seguridad para los trabajadores y el público, informando al cliente de su obligación de facilitar los medios necesarios para ello.

03/10/2001 Instrucciones complementarias sobre notificación de sucesos en instalaciones radiactivas.

Dirigidas a todas las instalaciones ra-

diactivas autorizadas, tienen como objetivo clarificar los requisitos sobre notificación de sucesos incluidos en el artículo 73 del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y en los condicionados de autorización de las instalaciones.

Se establece una clasificación de los sucesos a efectos de notificación. Se indican los plazos máximos para notificar a las autoridades de los sucesos que se produzcan y los medios para ello.

Se requiere el envío de un informe detallado sobre el suceso en el plazo de diez días, de acuerdo a un modelo que se adjunta.

Identifica como destinatarios de las notificaciones a la sala de emergencias del CSN (SALEM) y a las autoridades competentes de la Comunidad Autónoma en que se encuentre ubicada la instalación, facilitando direcciones y teléfonos de contacto que serán actualizados a través de la WEB del CSN.

24/10/2001 Instrucciones complementarias sobre calibración y verificación de equipos de detección y medida de la radiación y la contaminación.

Dirigidas a todas las instalaciones radiactivas, Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica y Empresas de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos de radiodiagnóstico médico. Tienen como objetivo sistematizar los procesos de verificación y calibración de los equipos de detección y medida.

Requieren a los titulares la definición de programas de calibración teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y del laboratorio de calibración así como los resultados de los programas de verificación, las condiciones de uso de los equipos y las condiciones ambientales.

El programa de deberá desarrollarse de acuerdo con la norma UNE EN 30012-1 y debe quedar recogido en un procedimiento escrito.

### **Instrucciones Técnicas**

21/12/2001 Instrucción Técnica a las entidades que imparten cursos homologados por el CSN para la obtención de acreditaciones para dirigir u operar instalaciones de rayos x de radiodiagnóstico médico.

Se requiere la actualización, y presentación en el CSN, en plazo de tres meses, de los textos utilizados para la impartición de los cursos, incorporando las modificaciones derivadas de la aprobación del R.D. 1976/1999 por el que se establecen los criterios de control de calidad en radiodiagnóstico y el R.D. 783/2001 por el que se aprueba el reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes.

03/12/2001 Instrucción Técnica a las Empresas de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos de radiodiagnóstico médico.

Se clarifica la aplicación del R.D. 1891/1991 sobre instalación y utilización de equipos de rayos de radiodiagnóstico médico, estableciendo la obligación de las entidades que comercializan equipos, actuando como intermediarias entre el suministrados principal o importador y los usuarios finales, de disponer de autorización como Empresas de Venta y Asistencia Técnica. Se asigna a los distribuidores la obligación de comprobar que las entidades a las que suministren equipos para su posterior comercialización disponen de esa autorización.

### **Circulares Informativas**

#### 09/02/01. Circular a instalaciones radiactivas de radioterapia.

Se informa sobre un suceso ocurrido en una instalación en la que se quedó una persona encerrada en el búnker de un acelerador mientras daba comienzo la irradiación. Se recomiendan acciones para evitar la ocurrencia de sucesos similares.

#### 09/02/01. Circular a instalaciones radiactivas de medicina nuclear.

Se informa de un suceso de sustracción de material radiactivo por una persona ajena a la instalación de medicina nuclear. Se recomiendan medidas para mejorar el control de acceso a las instalaciones y detectar la entrada de personas a las mismas fuera de la jornada de trabajo.

#### 01/03/01. Circular a instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial.

Se informa sobre un suceso ocurrido durante unas operaciones de gammagrafía con un equipo móvil en el que se produjo una importante sobreexposición de dos personas.

Se realizan recomendaciones para la adecuada dotación de los operadores de equipos móviles de gammagrafía con equipos para la detección de radiación, medida de las dosis recibidas y medios de protección radiológica. Asimismo se recomienda controlar que los medios y equipos mencionados se utilizan en todas las operaciones de forma adecuada, siguiendo los procedimientos establecidos para ello.

#### 07/07/01. Circular a instalaciones radiactivas que utilizan fuentes encapsuladas de Kr-85.

Se informa sobre la reducción introducida por el nuevo Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas en el lí-

mite de actividad exenta para el isótopo Kriptón-85 y se recuerda la obligación, establecida en la disposición adicional tercera de ese reglamento, de regularizar, antes del 1 de enero de 2002, ante las autoridades competentes en materia de autorizaciones la situación de las instalaciones que puedan cambiar de categoría debido a la aplicación de la nueva norma.

#### 09/02/01. Circular a Unidades Técnicas de Protección Radiológica que prestan servicios a instalaciones de rayos x de radiodiagnóstico médico.

Se informa sobre la posibilidad de que los informes anuales de las instalaciones de rayos x de radiodiagnóstico médico sean remitidos al CSN en soporte informático (disquete) recomendándose la utilización de este método. Se referencia y recomienda la utilización del modelo de informe anual disponible en la WEB del CSN.

#### 17/10/01 Circular a instalaciones que disponen de fuentes autorizadas de muy alta actividad (superior a 1000 Curios).

Se aconseja reforzar las medidas de seguridad física de estas instalaciones como consecuencia de los atentados terroristas ocurridos en EE UU el 11 de septiembre de 2001. Se identifican una serie de medidas excepcionales a adoptar. Se recomienda la adopción de medidas especiales para evitar el acceso a las fuentes radiactivas de personal ajeno a las instalaciones durante las operaciones de cambio de fuentes y durante todas aquellas que conlleven movimientos de las mismas.

#### 17/10/01 Circular a los Servicios de Dosimetría Personal Externa autorizados.

Se transmiten instrucciones para que puedan realizar la remisión al CSN, mediante correo electrónico, de los datos mensuales sobre resultados de lecturas

dosimétricas realizadas para su carga en el Banco Dosimétrico Nacional, garantizándose las necesarias condiciones de seguridad y confidencialidad.

#### 14/01/2002 Circular a instalaciones radiactivas con fines de investigación y docencia.

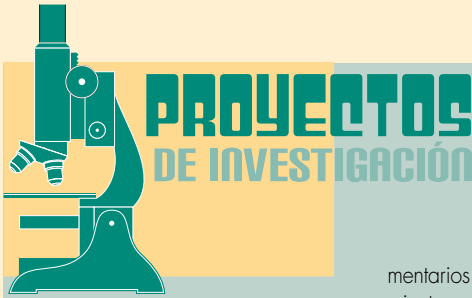
Se recuerdan las características específicas de estas instalaciones en relación con la seguridad y la protección radiológica, recomendándose el establecimiento de una organización interna en las instalaciones que favorezca el control y seguimiento de la aplicación correcta de las normas por los responsables. Se recuerda la importancia de que esos responsables dispongan de un adecuado grado de autoridad, apoyo por parte del titular y dotación de medios. Asimismo se recuerda la importancia de que todo el personal que trabaje con material radiactivo disponga de formación en materia de protección radiológica, incluidas aquellas personas que lo hagan de forma ocasional o por periodos cortos de tiempo.

#### 18/01/02 Circular a los presidentes de los Colegios Oficiales de Médicos y asociaciones Colegiales.

Se solicita a estas entidades colaboración para que, a través de las vías de comunicación que tiene establecidas con sus colegiados, se recuerde que en nuestro país está prohibida desde 1992 la utilización de equipos de rayos x para radiodiagnóstico que realicen escopia sin estar provistos con intensificador de imagen.

Asimismo se solicita que recuerden a sus colegiados la necesidad de asegurarse de que las entidades con las que contratan los servicios de dosimetría de los trabajadores expuestos cuentan con la preceptiva autorización del Consejo de Seguridad Nuclear.





**!Novedad!**

Se reconoce universalmente que la investigación sobre temas de radioprotección no sólo tiene interés científico y tecnológico, sino también social y ético. La Comisión Internacional de Protección Radiológica, por ejemplo, he reconocido públicamente que la investigación sobre radiobiología, dosimetría de las radiaciones, distribución de radiocontaminantes en la biosfera, así como el análisis de los usos alimentarios y costumbres de la población, entre otros aspectos, permite adquirir los bloques del conocimiento que son necesarios para construir un edificio normativo coherente, satisfactorio y completo.

De igual forma, esas mismas investigaciones permiten el desarrollo de nuevas aplicaciones de la radiación, la disponibilidad de instrumentos de medida más precisos y fiables y un mejor entendimiento entre el regulador, los titulares, las autoridades y la sociedad.

Afortunadamente la investigación sobre protección radiactiva en España es ahora significativa. Instituciones tales como el Consejo de Seguridad Nuclear, la Empresa Nacional de Residuos y el Sector Eléctrico, en este caso fundamentalmente a través del Plan Coordinado de Investigación con el CSN, así como otras instituciones públicas y privadas subvencionan proyectos de investigación en radioprotección de cierta importancia. Centros de investigación tales como CIEMAT y el Instituto de la Salud Carlos III, algunos Centros y Departamentos Universitarios, así como instituciones privadas, han alcanzado, o están alcanzando, muy altos niveles de excelencia e infraestructuras adecuadas. Estos organismos contribuyen también de forma satisfactoria en los programas multinacionales y multi-institucionales de investigación subvencionados por la Comisión Europea y EURATOM.

Por todo ello, el Comité de Redacción de **RADIOPROTECCIÓN** ha encontrado conveniente y necesario introducir, en la sección de Noticias de la revista, una sección dedicada a aportar noticias sobre Investigación en Radioprotección, que incluya convocatorias, iniciación y terminación de proyectos internacionales y resultados salientes obtenidos. Como consecuencia, el Comité de Redacción ruega a los socios de la SEPR remitan al Comité aquellas noticias que puedan ser de interés en el contexto que se ha expuesto. Gracias por anticipado.

## Proyecto europeo

### •Framework for Assessment of Environmental Impact". FASSET

#### Objetivo:

Desarrollar criterios para un sistema de protección del medio ambiente contra las radiaciones ionizantes. Se buscará crear un marco coherente que vincule los vertidos de efluentes con los efectos/consecuencias y que complemente el actual sistema de protección radiológica, basado, hasta ahora, exclusivamente en la protección del hombre. Se pretende obtener un conjunto de organismos de referencia, magnitudes y unidades dosimétricas adecuadas, modelos de transferencia ambiental de referencia y finalmente una relación entre las dosis y los efectos en especies distintas de la humana.

#### Participantes:

- Swedish Radiation Protection Institute (SSI) Suecia.
- Swedish Nuclear Fuel and Waste Management (SKB) Suecia.
- Environmental Agency (EA/CEFAS) Reino Unido
- National Radiation Protection Authority (NRP) Noruega.
- Federal German Radiation Protection Office (BfS), Alemania
- Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF) Alemania.
- Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) Finlandia.

- Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) España.
- Otras Instituciones asociadas a los contratistas de Suecia y Reino Unido.

#### Desarrollo del proyecto:

- El proyecto FASSET, desde que se inició en noviembre de 2000, ha despertado un interés máximo en todos los entornos relacionados directa o indirectamente con la protección radiológica, convirtiéndose en el proyecto de referencia a escala no sólo europea sino también mundial. Su importancia deriva de los desarrollos que se requieren para crear un sistema coherente para tratar el impacto radiológico sobre el medio ambiente. El proyecto dispone de una página web en la que se pueden seguir los resultados obtenidos por los distintos grupos de trabajo que componen FASSET (<http://www.fasset.org>).

## Proyecto en ejecución

### •PR-10 "Términos Fuente en emergencia"

**Título:** Procedimiento para la estimación de términos fuente durante posibles accidentes en CC.NN."

**Objetivo:** Desarrollar una herramienta que permita evaluar la actividad potencialmente vertible, calcular la dosis al exterior en una situación de emergencia y clasificar de acuerdo con el PLABEN dicha situación. Esta herra-

menta se diseñará para cada central como un sistema experto adaptado a la configuración de la misma.

#### Resultados Esperados:

- Metodología general que permita, de manera rápida, estimar el término fuente a partir de los parámetros reales de la planta, calcular la dosis al exterior en una situación de emergencia y clasificar de acuerdo con el PLABEN dicha situación.
- Adaptación de la Metodología a cada central, teniendo en cuenta sus peculiaridades y generación de una herramienta informática de sencillo manejo.

#### Contratista:

Universidad del País Vasco

## Proyectos pendientes de firma del acuerdo específico

### •PR-13 "Mejora del Sistema de Dosimetría Interna"

**Título:** "Mejora del sistema nacional de dosimetría interna con contadores de Ina".

**Objetivo:** Disponer de una Metodología de Calibración de los Contadores de Radiactividad Corporal que utilicen detectores de Ina como los de las Centrales Nucleares Españolas. Disponer de una nueva Metodología de Adquisición y Análisis de Datos de contaminación personal interna.

#### Resultados Esperados:

- Nueva metodología de calibración de los

contadores de radiactividad corporal que utilicen detectores de Ina como los de las centrales nucleares españolas.

- Nueva metodología de adquisición y análisis de datos.
- Nuevo maniquí de calibración con fuentes radiactivas.
- Nuevo "hardware" para incorporar el nuevo "software".

**• PR-14 "Nuevos desarrollos en Dosimetría (DLD)"**

Título: "Nuevos desarrollos en el campo de la dosimetría electrónica".

Objetivo: Verificación experimental de las características de cuatro equipos de dosimetría electrónica presentados en el mercado europeo en 1999 y 2000 : RADOS DIS 1, Merlin Guerin DMC 2000 XB, Merlin Guerin DMC 2000 X y Stephen 6000B.

El análisis experimental de los equipos se llevará a cabo en base a los requisitos técnicos establecidos en el protocolo de verificación y cali-

bración de dosímetros personales electrónicos de lectura directa desarrollado en el proyecto PR-09 "DOSIMETRO TLD PARTICULAS", al que complementa.

Resultados Esperados:

- Metodología de cálculo de las dosis en piel y su distribución superficial y en profundidad, teniendo en cuenta su tamaño, densidad y radionúclidos que la componen.
- Caracterización de un conjunto de dosímetros personales electrónicos de lectura directa.
- Realización de un informe de resultados, donde se valore y presente un estudio comparativo de los mismos.

**• PR-15 "Dosimetría de Neutrones en Instalaciones Nucleares"**

Título: "Sistemas de dosimetría de neutrones de aplicación en instalaciones nucleares".

Objetivo: Estudio en profundidad de la problemática asociada a la dosimetría de neutrones en campos mixtos de radiación típicos de las

centrales nucleares y sobre la sistemática general utilizada en la práctica para llevar a cabo esta dosimetría.

Informe sobre el estado del arte y la sistemática utilizada en relación con la dosimetría neutrónica.

Resultados Esperados:

- Informe de valoración inicial de las prácticas utilizadas para la medida de tasa de dosis neutrónica en centrales nucleares.
- Informe con la justificación de la selección de los puntos de medida en las centrales y de los equipos dosimétricos escogidos para su ensayo.
- Informe con los resultados de las campañas de medida de flujo neutrónico programadas en las C.C.N.N. de Ascó y Vandellós.
- Propuesta de metodología y procedimientos para la determinación de la dosis neutrónica mediante los diferentes sistemas de medida estudiados.
- Informe final con las conclusiones del proyecto.

N O T I C I A S

d e

E S P A Ñ A

**Sistema de Información sobre Protección Radiológica en Exposiciones Médicas (SIPREM)**

Desde hace algo más de un año representantes de las Comunidades Autónomas, de las Sociedades Científicas, del Consejo de Seguridad Nuclear, del Ministerio de Economía, y del Ministerio Sanidad y Consumo, así como especialistas del sector sanitario asistencial, han estado trabajando en el diseño de un sistema de información sobre protección radiológica en exposiciones médicas (en adelante SIPREM).

La aplicación ha sido promovida por la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, de la Dirección General de Salud Pública y Consumo, del Ministerio de Sanidad y Consumo, en el marco de la **Ponencia de Protección Radiológica del**

**Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud.**

La dirección técnica del proyecto informático corre a cargo de la Subdirección General de Tecnologías de la Información, de la Subsecretaría de Sanidad y Consumo. El sistema estará plenamente operativo en el 2002, probablemente a finales del primer semestre de dicho año.

Más información en la página web de la SEPR: [www.sepr.es](http://www.sepr.es)

*Juan M<sup>o</sup> Rodríguez de Tembleque y Javier Canosa*  
Ministerio de Sanidad y Consumo

**Guía de Seguridad**

En el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear celebrado el 12 de diciembre de 2001, se aprobó la Guía de Seguridad en instalaciones radiactivas de 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> categoría con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o

industriales, definidas en el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, en las que se utilizan radionucleidos no encapsulados, se genera un volumen considerable de materiales sólidos de desecho con contenido radiactivo, de muy diversa naturaleza y generalmente de muy baja actividad, que deben gestionarse de forma adecuada hasta darles un destino final.

La presente Guía de Seguridad recomienda una metodología para realizar la gestión de los materiales residuales sólidos con contenido radiactivo en condiciones adecuadas de seguridad y protección radiológica en todas sus fases, desde su generación hasta su destino final, con el fin de orientar a los titulares de dichas instalaciones para realizar la gestión de los residuos de una manera adecuada y uniforme, así como para elaborar los proyectos que, de conformidad con la legislación vigente, han de presentar para su aceptación por las autoridades competentes.

En la Guía se presentan unos valores de actividad por unidad de masa para los radionucleidos de uso más frecuentes en este tipo de instalaciones, que permiten determinar la vía de evacuación a seguir. Dichos valores están basados en el documento IAEA-TECDOC-1000 sobre Desclasificación de materiales procedentes del uso de radionucleidos en medicina, industria e investigación, del año 1998.

## Proceso de consolidación de plazas de Radiofísicos Hospitalarios

Ya está abierto el proceso de consolidación de plazas de radiofísicos hospitalarios. Son varias las publicaciones aparecidas en el B.O.E. relacionadas con el proceso hasta el momento. He aquí un resumen de las mismas.

En el BOE núm. 280 del Jueves 22 noviembre de 2001, apareció publicada la **LEY 16/2001**, de 21 de noviembre, por la que se establece un proceso extraordinario de consolidación y provisión de plazas de personal estatutario en las Instituciones Sanitarias de la Seguridad Social de los Servicios de Salud del Sistema Nacional de Salud. Esta ley establece cómo se desarrollará el proceso, que constará de dos fases:

1. Fase de Selección: constará de una fase de Oposición (elaboración de una memoria durante 2 horas) y de una fase de Concurso (baremo con el que se valora antigüedad, publicaciones, etc). Superada esta fase, el aspirante estará en expectativa de destino, pudiendo aspirar a más de una plaza en la fase de provisión, pero sólo podrá hacer la entrevista personal en un centro.
2. Fase de provisión de plazas. Para esta fase se realiza un nuevo baremo y una entrevista personal en cada centro de trabajo.

**ORDEN de 27 de noviembre de 2001** por la que se convoca concurso de traslados voluntario para cubrir plazas de personal facultativo especialista de área en los servicios jerarquizados del Instituto Nacional de la Salud. No hay concurso de traslados para la espe-

cialidad de radiofísica. B.O.E. 286 de 29 de noviembre de 2001.

### **ORDEN de 4 de diciembre de 2001**

por la que convoca proceso extraordinario de consolidación de empleo para la selección y provisión de plazas de Facultativo Especialista de Área de Radiofísica Hospitalaria en las Instituciones Sanitarias de la Seguridad Social dependientes del INSALUD. B.O.E. 297 de 12 de diciembre de 2001. Se convocan 38 plazas.

### **ORDEN de 17 de diciembre de 2001**

por la que se corrigen errores de la de 4 de diciembre de 2001. Se corrige la convocatoria para que puedan presentarse todos los radiofísicos independientemente del título universitario que posean. B.O.E. 305 de 21 de diciembre de 2001.

### **ORDEN de 26 de diciembre de 2001**

por la que se corrigen errores de la de 4 de diciembre de 2001. Se amplía el número de plazas convocadas de 38 a 44 plazas.

Estas publicaciones del BOE (y las que aparecerán a lo largo del proceso) pueden ser descargados página a página en [www.boe.es](http://www.boe.es) en formato tiff o completos en formato pdf en el servidor del INSALUD: [www.intranet.insalud.es](http://www.intranet.insalud.es). Para seguir el proceso de consolidación de plazas, es también interesante consultar [www.medicosinterinos.com](http://www.medicosinterinos.com).

## Orden del Ministerio de Ciencia y Tecnología

### **Control de emisiones en estaciones radioeléctricas**

En España, la exposición del público a emisiones radioeléctricas ha incrementado notablemente en los últimos años. En áreas urbanas, parte de esta exposición viene determinada por la profusión de estaciones de telefonía móvil y telefonía fija (alrededor de 30.000 en la actualidad), cuya presencia conspicua ha sido objeto de crítica y causa de alarma social entre determinados sectores de la población. El Real Decreto 1066/2001 (RD) del 28 de septiembre de 2001, de los Ministerios de Sanidad y de Ciencia

y Tecnología, establece una serie de restricciones y medidas dirigidas a la protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. Tales restricciones se basan en los niveles recomendados por la Comisión Internacional para la Protección ante Radiaciones No Ionizantes (1998) y por el Consejo de la Unión Europea (1999; 2001), y en las conclusiones y recomendaciones del Comité de Expertos Independientes (2001) comisionado por el Ministerio de Sanidad y Consumo. El objetivo que persigue el RD es garantizar la protección de los ciudadanos ante posibles efectos adversos derivados de la exposición a niveles elevados de radiaciones no ionizantes emitidas por estaciones radioeléctricas.

Para que el RD sea aplicado con eficacia, cada estación radioeléctrica debe contar con un informe técnico y una certificación de cumplimiento de las restricciones establecidas en él. Con ese fin, los informes técnicos deben ser elaborados con un grado suficiente de precisión y detalle, y deben tener un formato unificado. Para conseguir esos objetivos, el Ministerio de Ciencia y Tecnología ha dictado su Orden CTE/23/2002 del 11 de enero de 2002. La Orden distingue para su aplicación cuatro tipos de estaciones radioeléctricas, en virtud de su potencia irradiada (PIRE superior a 10 vatios o inferior) y de su ubicación (en suelo urbano o no urbano). La Orden establece también el concepto de "Nivel de Decisión", que se aplica a emisiones cuya densidad de potencia es mayor o igual al 25% del nivel de referencia establecido en el RD, o cuya intensidad de campo es mayor o igual al 50% del correspondiente nivel de referencia en el RD.

A partir de la entrada en vigor del RD 1066/2001, para la solicitud de autorización de nuevas instalaciones radioeléctricas el proyecto técnico debe ir acompañado de un estudio detallado que indique los niveles calculados de exposición radiológica en zonas cercanas al equipo, donde puedan permanecer personas habitualmente. Para todo tipo de instalación radioeléctrica, el informe adjuntará esquemas de cada estación, así como planos de su situación y de las zonas de exposición. Para estaciones con PIRE > 10 W se representarán

las zonas de exposición en un radio no inferior a 50 m, y en el esquema de la estación se representará un "Volumen de Referencia", inscrito en un paralelepípedo u otra figura apropiada, fuera del cual los niveles de exposición se mantendrán por debajo de los niveles de seguridad establecidos en el RD (ver figura). En estaciones radioeléctricas urbanas, el estudio tendrá en cuenta la presencia eventual de "Espacios Sensibles" (guarderías, centros de educación para menores, parques públicos y centros hospitalarios, de salud o geriátricos) en un entorno de 100 m, y justificará la minimización de los niveles de exposición en la forma que establece del RD. En todos los casos, los cálculos deberán efectuarse para las condiciones de exposición más desfavorables y teniendo en cuenta los niveles de exposición preexistentes en la zona.

Por su parte, los titulares de licencias individuales de telefonía móvil y acceso radio deberán, según dicta el RD, presentar un informe anual certificando que cada una de sus estaciones radioeléctricas ha respetado los límites de exposición durante el año anterior. En el caso de estaciones puestas en servicio en ese año, o que hayan sufrido modificaciones técnicas durante ese periodo, será necesario realizar mediciones en zonas próximas que puedan ser frecuentadas por personas. Para estaciones con PIRE > 10 W en que certificaciones anteriores hubieran mostrado la presencia de zonas

frecuentadas en áreas expuestas a "Niveles de Decisión" se hará necesaria la realización de mediciones en esas áreas a fin de certificar que no se superan en ellas los niveles de seguridad. En todos los casos en que existan "Espacios Sensibles" urbanos en un radio de 100 m, el informe deberá incluir mediciones realizadas en tales espacios.

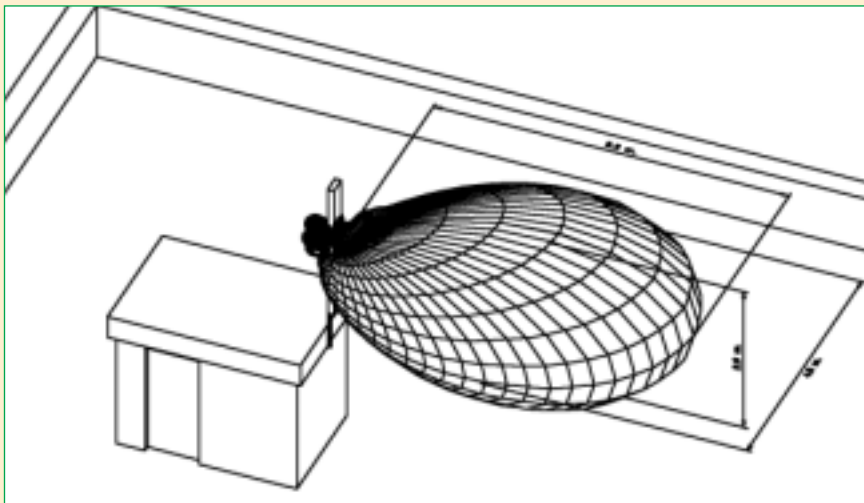
En el caso de emisoras que fueron aprobadas antes de la entrada en vigor del RD, éste fija un plazo de 9 meses para que los operadores y titulares de licencias individuales presenten un informe de conformidad con los límites de exposición establecidos. El certificado contendrá la información correspondiente a las características técnicas de la estación y a la tipología del entorno, así como las mediciones reales de exposición en espacios frecuentados por personas y en "Espacios Sensibles" en la forma en que han sido descritas en los párrafos precedentes.

La Orden establece también un protocolo estándar de mediciones, así como las características técnicas y de calibración de los equipos de medición. Sucintamente, el proceso de medición se iniciará previa recolección de los datos técnicos de cada estación a evaluar y de los factores radioeléctricos y urbanísticos del entorno. La primera fase de medidas será exploratoria, utilizando equipos de banda ancha con sondas isotrópicas para identificar los puntos de

máxima exposición. Si en ninguno de los puntos estudiados se alcanzase el umbral de detección del equipo o, si aún alcanzándolo, los valores medidos fuesen inferiores a los Niveles de Decisión, se considerará que la fuente o la zona valorada cumplen las exigencias del RD 1066/2001. En caso contrario, deberá pasarse a la segunda fase. En esa fase se utilizarán analizadores de espectro o receptores de banda ancha selectivos en frecuencia y se efectuarán mediciones en la banda 9 kHz – 3 GHz y en "campo lejano". Se determinarán todas las componentes espectrales significativas, maximizando el nivel de cada una de ellas en función de la orientación y polarización de la antena. En cada punto de medición se realizarán registros de 6 minutos y se obtendrá el valor promedio. Si el sumatorio de los niveles correspondientes a las componentes espectrales en cada punto cumplen las condiciones exigidas en el RD, no será necesario pasar a la fase siguiente. La tercera fase de mediciones se aplicará a fuentes que emiten a frecuencias distintas de la banda 9 kHz – 3 GHz y/o a señales pulsantes (radar) y a casos en los que no sea posible la ejecución de mediciones en "campo lejano". Se realizará un estudio exhaustivo de las zonas expuestas, utilizando equipos específicos para cada caso.

Todas las mediciones y certificaciones deberán ser realizadas y elaboradas por técnico competente, irán acompañadas de toda la información escrita o gráfica exigida en la Orden, presentada en formato doble: papel y electrónico, y habrán de contar con el visado de Colegio Profesional correspondiente. La documentación deberá ser remitida al Ministerio de Ciencia y Tecnología. El RD establece que ese Ministerio proporcionará al Ministerio de Sanidad y Consumo acceso a la información que este último solicite, y que las autoridades sanitarias de la Comunidades Autónomas podrán solicitar la información pertinente al Ministerio de Sanidad y Consumo.

Con esta Orden, que viene a concretar las condiciones de aplicación del RD 1066/2001 para la protección sanitaria ante exposiciones a emisiones radioeléctricas, España toma la delantera en



Ejemplo de representación de una estación radioeléctrica y el correspondiente Volumen de Referencia. Fuente: Telefónica Móviles España (2000)

la garantía de la salvaguarda de la salud pública ante el citado espectro dentro de las radiaciones no ionizantes (RNI). En efecto, mientras que en la mayoría de los países del ámbito europeo, la protección ante RNI ambientales se basa en una "recomendación" de que las exposiciones no sobrepasen los niveles propuestos por el Consejo de la Unión Europea, en España el RD 1066/2001 prohíbe y sanciona la trasgresión de esos límites. Adicionalmente, la nueva Orden CTE/23/2002 complementa al RD y establece las normas de medición y certificación periódica para todas las estaciones emisoras. De esta forma queda garantizado el cumplimiento escrupuloso de las restricciones a la exposición del público a emisiones radioeléctricas, al tiempo que se pone en manos de expertos y autoridades sanitarias una información completa, de extraordinaria importancia como herramienta para el conocimiento sobre las condiciones reales de exposición del público y sobre la evolución de éstas en el tiempo.

Alejandro Úbeda Maeso  
Servicio BEM. Hospital Ramón y Cajal

## César Dopazo, nuevo Director General del CIEMAT

César Dopazo tomó el pasado 30 de enero posesión de su cargo como nuevo Director General del Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas ante la Ministra de Ciencia y Tecnología Anna Birulés, el Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica Ramón Marimón y otras personalidades, en un acto celebrado en el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Doctor ingeniero aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid y doctor ingeniero mecánico por la Universidad de Nueva York. Miembro de la Academia de Ingeniería desde su creación, es catedrático de Mecánica de Fluidos del Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza, un centro mixto de dicha Universidad y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Su trayectoria científica se ha centrado en la investigación y el desarrollo tecnológico en el campo de la combustión y, en general, la aerodinámica e hidrodinámica industrial.

Local de Protección de la Salud trabajando con el NHS y las Autoridades locales para realizar funciones especificadas relacionadas con la prevención, investigación y control de enfermedades infecciosas así como con riesgos químicos y radiológicos.

Está previsto que la nueva Agencia tenga al menos seis Divisiones que cubrirán los temas: vacunas, protección radiológica, protección de riesgos químicos, servicios de campo, especialistas y servicios de laboratorio de referencia y de respuesta de emergencia (incluyendo amenazas radiológicas).

Las funciones del Consejo (NRPB) serán transferidas al nuevo Organismo bajo el Acto de Reforma Regulator 2001 (*Regulatory Reform Act 2001*).

## Accidente en Polonia

El OIEA ha informado de un accidente que ocurrió el 27 de febrero de 2001 en el Centro Oncológico Bialystok de Polonia que ha afectado a 5 pacientes sometidos a un tratamiento de radioterapia. Estos pacientes recibieron una dosis significativamente mayor que la deseada y, como consecuencia, necesitan tratamiento médico por los daños producidos por la radiación.

El accidente se produjo por un corte de luz transitorio, con lo que el acelerador modelo Neptuno 10P, de fabricación polaca, se apagó automáticamente. El corte se produjo durante el tratamiento de uno de los pacientes afectados. Tras el apagón, la máquina fue reiniciada después de haber chequeado los controles. Los tratamientos fueron reanudados y se trató al paciente inicial y a otros cuatro.

Dos pacientes notaron picores y sensación de quemadura durante su irradiación lo que llevó a parar de nuevo los tratamientos. Las medidas dosimétricas posteriores demostraron que la dosis impartida por el equipo era significativamente mayor que la esperada. Nuevos chequeos revelaron que las cámaras monitoras no estaban funcionando adecuadamente, y que uno de los

# NOTICIAS

de l

# MUNDO

## El NRPB se unirá a una nueva agencia

El día 10 de enero de 2002, el Departamento de Salud del Reino Unido anunció su intención de formar una nueva Agencia que combinará las funciones del Servicio de Laboratorio de Salud Pública (*Public Health Laboratory Service, PHLS*), el Centro para Microbiología Aplicada e Investigación (*Centre for Applied Microbiology and Research, CAMR*), el Centro Nacional para Incidentes Químicos (*National*

*Focus for Chemical Incidents*) y el Consejo Nacional de Protección Radiológica (*National Radiological Protection Board, NRPB*).

Está previsto que la nueva Agencia Nacional para Control de Infecciones y Protección de la Salud (*National Infection Control and Health Protection Agency*) comience a funcionar el 1 de abril de 2003 y contará con un Presidente, un Consejo y un Director General. El nuevo Consejo será responsable ante los Departamentos de Salud, a través de sus Directores Médicos Jefe.

La nueva Agencia dará un Servicio

componentes electrónicos del sistema de enclavamiento de seguridad estaba dañado. Posteriormente, los cinco pacientes desarrollaron lesiones locales radioinducidas (quemaduras por radiación) de diferentes grados.

El 27 de noviembre de 2001, el Centro de Respuesta de Emergencia (ERC) del OIEA recibió desde el Ministerio de Sanidad de Polonia, una petición de ayuda en el tratamiento médico de los pacientes y la valoración de sus dosis, bajo los términos de la Convención sobre Asistencia en el caso de un Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica. El ERC, en respuesta, organizó una Comisión de la OIEA para ser enviada a Polonia.

La Comisión de la Agencia en Polonia fue dirigida por dos equipos de expertos:

- i) Un equipo médico especializado hizo una valoración individualizada en cada paciente de las lesiones postirradiación, y asesoró sobre un plan de tratamiento; y
- ii) Un equipo de expertos en física médica y expertos en protección radiológica, evaluó la dosis impartida a los pacientes afectados mediante la reconstrucción de las condiciones de fallo del acelerador hasta donde fue posible, mediante medidas físicas y mediante el análisis de los informes del tratamiento.

El equipo médico especializado, consultada la Organización Mundial de la Salud (OMS) a través del coordinador de su Red de Alerta y Asistencia Médica en caso de Emergencia Radiológica (REMPAN), aconsejó sobre el futuro tratamiento de los pacientes. El 4 de diciembre de 2001, estas recomendaciones preliminares se entregaron al Ministerio de Sanidad de Polonia.

El segundo equipo concluyó que un único fallo parecía haber afectado al sistema monitor del haz del acelerador, lo cual produjo un gran incremento en la tasa de dosis, aún cuando la pantalla indicaba un valor más bajo que el normal. Además, un diodo defectuoso evitó que funcionara el encla-

vamiento de seguridad. Además, la limitación en la corriente del filamento para el cañón de electrones estaba puesta a un nivel tan alto que la tasa de dosis no estaba realmente limitada. La combinación de estos factores llevaron a impartir dosis sustancialmente más altas a los pacientes.

Polonia está de acuerdo en compartir esta información de modo urgente con la Comunidad Internacional para ayudar a prevenir otras posibles sobreexposiciones si se produjera una situación similar.

Se insta a los usuarios a comprobar que todos los sistemas relevantes sean operados de acuerdo con un programa adecuado de garantía de calidad. Se debe dar especial importancia a:

- Los programas de control de calidad (QC) de los aceleradores, que deberán incluir las comprobaciones dosimétricas después de las paradas del acelerador debidas a fallos de alimentación o cualquier otro hecho inusual (ej.: indicación de la tasa de dosis) y
- Notas de aviso en las instrucciones de mantenimiento y servicio con relación al ajuste de los límites de la corriente del filamento y de cualquier otro dispositivo de seguridad crítico.

El OIEA planea, como de costumbre, publicar un informe detallado sobre las circunstancias de este accidente y las lecciones a aprender, tan pronto como sea posible.

### El Gobierno francés aprueba la estructura del nuevo Organismo Regulador

El Gobierno francés ha aprobado dos decretos separados que constituyen los cimientos para la creación del esperado sistema de regulación nuclear y radiológica.

El primero de los decretos establece una autoridad unificada que incluye la seguridad nuclear y la protección radiológica, la cual recibe el nombre de

DGSNR (Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection). El nuevo organismo reemplaza a la antigua DESIN, a la que se añade la responsabilidad de la protección contra las radiaciones, si bien contando para ello con la ayuda específica de la actual autoridad de la protección radiológica, la llamada OPRI. El nuevo organismo responde ante tres ministerios distintos- Industria y Medioambiente, de los cuales ya dependía la DESIN, y el de Salud, que supervisaba las actividades de la OPRI.

El segundo decreto define la misión y las responsabilidades de una nueva agencia unificada responsable del soporte técnico en materia de seguridad nuclear y de protección radiológica, llamada IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire). El IRSN engloba el actual IPSN y las funciones de asesoramiento y soporte de la OPRI. Ente Instituto será supervisado por cinco ministerios:

- Medioambiente,
- Industria,
- Salud,
- Investigación
- Defensa.

El IRSN tendrá dos funciones principales: asesorar e informar sobre las cuestiones relativas a la seguridad nuclear y a la protección contra las radiaciones, y llevar a cabo investigaciones sobre tales materias. Esta doble misión incluirá las siguientes cinco áreas: seguridad nuclear, transporte de materiales radiactivos, protección radiológica de las personas y del medio ambiente, protección y control de materiales nucleares y productos de uso militar y protección física de las instalaciones nucleares y de los transportes de los materiales nucleares. El Instituto tendrá una plantilla de 1.500 trabajadores y un presupuesto anual de 250 millones de euros.

*(Información suministrada por IPSN y OPRI).*

# PUBLICACIONES

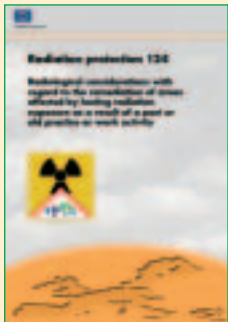
## PUBLICACIONES DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

	TÍTULO	IMPORTE	
1	Libro Comunicaciones "Congreso SEPR3" (Valencia, 1989)	12 €	
2	Libro Comunicaciones "Congreso SEPR4" (Salamanca, 1991) (2 vol.)	36 €	
3	Libro Comunicaciones "Congreso SEPR5" (Santiago, 1994)	12 €	
4	Libro Comunicaciones "Congreso SEPR6" (Córdoba, 1996)	36 €	
5	Libro Comunicaciones "Congreso SEPR7" (Barcelona, 1998)	36 €	CD+Libro
		12 €	CD
		30 €	Libro
6	Libro Comunicaciones "Congreso SEPR8" (Gran Canaria, 2000)	30 € CD	
7	Comunicaciones "2ª Jornada de Emergencias en Instalaciones Radiactivas" (Madrid, 1994)*	15 €	*
8	Comunicaciones "1ª Jornada de Radiaciones no Ionizantes" (Madrid, 1995) *	15 €	*
9	Comunicaciones "1ª Jornada de Mamografía y Protección Radiológica" (Madrid, 1996)*	15 €	*
10	"ICRP-60". Traducido y editado por la SEPR, 1995	36 €	
11	"Guía de Gestión de Material Radiactivo en Instituciones Médicas y Laboratorios de Investigación Biológica", 1996	18 €	
12	"Generación y Gestión de residuos de baja actividad." SEPR-SNE, 1994	6 €	
13	"Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico." SEPR-SEFM, 1996	18 €	socios
		36 €	no socios
14	"Protocolo de control de calidad en Instrumentación de Medicina Nuclear" SEPR-SEFM-SEMN	18 €	
15	Cursos de refresco del Congreso IRPA9 *		
	- European Protocol on Dosimetry in Mammography	EP.1	6 €
	- European Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Mammography Screening	EP.2	6 €
	- European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images	EP.3	
	- European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographics Images in Paediatrics	EP.4	6 €
	- Radon	R-01	6 €
	- How to assess the dose to the patient in diagnostic radiology	R-02	6 €
	- How to train and educate the worker in radiation protection	R-03	6 €
	- How to achieve safety when handling Lasers	R-04	6 €
	- How large is the exposure in Aircrafts and Space Vehicles	R-05	6 €
	- Biological Dosimetry	R-06	6 €
	- Rf and Microwave Measurement	R-07	6 €
	- How to apply optimisation in radiation protection	R-08	9 €
	- Environmental Measurements	R-09	6 €
	- Safety Considerations for Radionuclide Sources in Industry	R-10	6 €
	- Recent Developments in Radiation Detectors	R-11	6 €
	- Dosimetric Concepts and Quantities in Radiation Protection/Calibration	R-12	12 €
	- Procedures for Radiation Protection	R-13	6 €
	- Shielding of accelerator. Part. 1 and Part. 2	R-14	6 €
	- Transport of Radioactive Material	R-15	6 €
	- Personal Dosimetry. Part. 1 and Part. 2	R-16	6 €
	- What is epidemiology?		
16	Protección Radiológica 2000	6 €	+ gastos envío
17	Manual de Protección Radiológica en Centros de Investigación Biológica	9 €	socios
		12 €	no socios
18	El nuevo Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes	12 €	socios
		30 €	no socios
19	Cursos de Refresco VIII Congreso Canarias	10 €	socios
		12 €	no socios
20	ICRP – 84 . SEPR-SAR	10 €	socios
		12 €	no socios

\*SE ENVÍAN FOTOCOPIAS

PARA ENVÍOS INTERNACIONALES O MÁS DE 1 EJEMPLAR: + GASTOS DE ENVÍO

• **Radiation Protection 124**



Radiation Protection 124: "Radiological considerations with regard to the remediation of areas affected by lasting radiation exposure as a result of a past or old practice or work activity".

Un grupo de trabajo del Grupo de Expertos establecido bajo el Tratado de Euratom ha preparado esta guía sobre la restauración de áreas afectadas por exposiciones duraderas. Esta guía está basada en consideraciones radiológicas pero también trata diferentes aproximaciones sobre la incorporación de otros factores. Los factores sociales son muy importantes en este contexto pero está fuera del alcance de la presente guía hacer recomendaciones de cómo estos deberían tenerse en cuenta por parte de los gobiernos nacionales, aunque son tratados en términos generales dentro de la aproximación global. El presente documentó se aprobó para su publicación por el Grupo de Expertos en la reunión que tuvo lugar en noviembre de 2000.

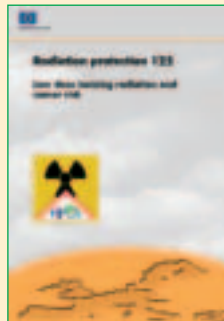
La guía práctica ofrecida en este documento está en concordancia con las recomendaciones internacionales de ICRP e IAEA, pero está orientada para situaciones predominantes en la Unión Europea.

Las Normas Básicas de Seguridad (*Basic Safety Standards*) proporcionan el marco global para su implementación en la legislación nacional. La responsabilidad de desarrollar una aproximación adecuada es de las autoridades competentes de los Estados Miembros.

Las autoridades competentes de los Estados Miembros se beneficiarán de la guía ofrecida por el Grupo de Expertos, y esto puede contribuir a armonizar las aproximaciones seguidas dentro de la Unión Europea.

<http://europa.eu.int/comm/environment/radprot>

• **Radiation Protection 125**



Radiation Protection 125: "Low dose ionizing radiation and cancer risk". Bajo los términos del Tratado que establece la Comunidad de Energía Atómica Euro-

pea, la Comunidad, entre otras cosas, establece normas de seguridad uniformes para proteger la salud de los trabajadores y del público en general frente a riesgos derivados de la radiación ionizante. Las normas son aprobadas por el Consejo, desde la propuesta hecha por la Comisión, siendo establecidas teniendo en consideración la opinión del Grupo de expertos referido en el artículo 31 del Tratado. La versión más reciente de dichas normas está contenida en la Directiva del Consejo 96/29/Euratom del 13 de mayo de 1996 imponiendo normas básicas de seguridad para la protección de la salud de trabajadores y del público en general contra los riesgos derivados de la radiación ionizante.

La Comisión Europea organiza cada año, en colaboración con el Grupo de Expertos referido en el Artículo 31 de Euratom, un seminario científico para discutir en profundidad un tema concreto sobre protección radiológica sugerido por el Grupo.

Hay dificultades y limitaciones inherentes a la hora de obtener información significativa en relación a los efectos sobre la salud de exposición a radiación ionizante a partir de estudios realizados directamente a los niveles de dosis de interés principal para protección radiológica. Por tanto, la Directiva antes mencionada se basa en factores de riesgo extrapolados a dosis y tasas de dosis más bajas a partir de la información disponible procedente de estudios epidemiológicos de efectos contra la salud de exposiciones agudas a dosis altas de radiación ionizante.

El objetivo del presente seminario era presentar elementos para evaluar hasta

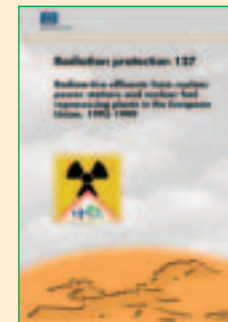
que punto la Directiva antes mencionada sigue asegurando un nivel adecuado de protección a los ciudadanos de la Unión Europea, basándose en una extrapolación a dosis bajas de la información obtenida a dosis altas, a la luz de la información obtenida en recientes estudios científicos.

Los líderes científicos en este área, participantes en el IV y V Programa Marco de la UE en Protección Radiológica, presentaron la información más actual al respecto.

El seminario también trató el tema de los focos ("clusters") de leucemia en instalaciones nucleares, la valoración de su significación estadística y la relevante comunicación con grupos de la población interesados en el tema.

<http://europa.eu.int/comm/environment/radprot>

• **Radiation Protection 127**



Radiation Protection 127: "Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing plants in the European Union, 1995-1999". Periódicamente, se

publican informes sobre las liberaciones en el medio ambiente de materiales radioactivos en el aire y en efluentes líquidos procedentes de Centrales nucleares y plantas de reprocesamiento de combustible nuclear en la Unión Europea.

Este informe, el décimo de su serie, comprende el periodo de 1995 a 1999 y cubre descargas procedentes de centrales nucleares operativas de capacidad mayor a 50 MWe, así como cuatro plantas de reprocesamiento (La Hague, Sellafield, Dounreay y Marcoule). No se han incluido aquellas centrales nucleares que están paradas o que están siendo desmanteladas. Actualmente hay 73 centrales nucleares, con un total de 148 reactores, operativas a lo largo de 64 lugares di-



ferentes dentro del territorio de la Unión Europea. Estos datos incluyen a las centrales de Dodewaard (Holanda) y Creys Malville (Francia) que fueron paradas en marzo de 1997 y diciembre de 1998, respectivamente.

Los datos de descargas de gases y efluentes líquidos radioactivos de estas instalaciones se proporcionan tanto en términos absolutos (GBq/año) como normalizados a la producción neta de electricidad a partir del combustible (GBq/GWh). Se dan valores sobre las liberaciones medidas por instalación, por tipo de reactor y contribuciones de radionucleidos individuales. Debe tenerse en cuenta que la lista de radionucleidos medidos de forma rutinaria puede variar de una instalación a otra. También la definición de grupos de radionucleidos puede variar entre instalaciones o Estados Miembro. Este informe no trata de clarificar esta situación. Sin embargo, El Grupo de Expertos establecido bajo el artículo 37 del Tratado de Euratom ha iniciado un programa de trabajo para definir que nucleidos y categorías de nucleidos, en base a su potencial significación, deberían ser incluidos en futuros informes. El Grupo también considerará recomendaciones sobre como la actividad de descargas correspondiente debería medirse y sumarse a las descargas anuales.

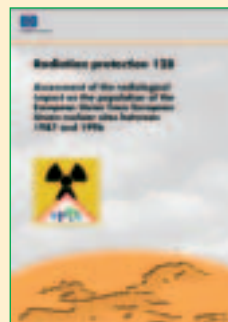
El presente informe no incluye un comentario sobre la significación radiológica de las descargas. Para el periodo 1977-1986 (RP77) se calcularon las dosis a la población y en el número 128 de Radiation Protection se ha publicado una nueva determinación para el periodo 1987-1996. Sin embargo, se puede decir de forma general que en todos los casos los miembros del público más expuestos sólo reciben una fracción del límite de dosis de 1 mSv por año, introducido en la legislación de la Comunidad en 1996.

<http://europa.eu.int/comm/environment/radprot>

### • Radiation Protection 128

Radiation Protection 128: "Assessment of the Radiological Impact on the Population of the European Union of

*Discharges from European Union Nuclear Sites between 1987 and 1996".* Este informe presenta la información sobre el impacto radiológico de descargas rutinarias procedentes de sitios nucleares localizados en la Unión Europea. La valoración se realizó utilizando una metodología revisada y actualizada, implementada en un programa de ordenador denominado PC CREAM. Se han realizado cálculos de

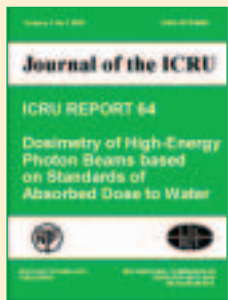


dosis colectivas, truncados a 500 años, y de dosis individuales indicativas de aquellas recibidas por miembros del grupo crítico, para descargas ocurridas en el periodo desde 1987 hasta 1996. Las exposiciones se clasifican por sitio y forma (líquida y atmosférica). Se dispone de datos más detallados sobre radionucleidos y dosis individuales y colectivas en un CD adicional.

<http://europa.eu.int/comm/environment/radprot>

### • ICRU Report 64, Dosimetry of High-Energy Photon Beams Based on Standards of Absorbed Dose to Water.

Examina los métodos por los que

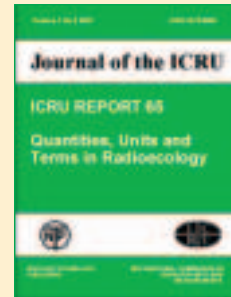


pueden determinarse las dosis absorbidas en agua para radiaciones de fotones con energías máximas de entre aproximadamente 1 MeV a 50 MeV, los haces más utilizados en radioterapia. El documento trata primeramente de los métodos de medida para radiación de fotones, pero también hay otros muchos aspectos relevantes para la dosimetría de otras fuentes terapéuticas (electrones de alta energía, protones, etc.). Se ocu-

pa de métodos que son suficientemente precisos y están bien establecidos para ser incorporados en la cadena de medidas dosimétricas como estándares primarios (es decir métodos basados en ionizaciones, cambios químicos inducidos por radiación, y calorimetría usando bien grafito o agua). El informe discute los estándares de dosis primarios utilizados en distintos laboratorios estándar nacionales y revisa las comparaciones internacionales que se han realizado. También se describen en el informe las condiciones de referencia que son convenientes para establecer los estándares principales y proporciona un formalismo para determinar dosis absorbida, incluyendo una discusión sobre factores de corrección necesarios en condiciones diferentes a las utilizadas para calibrar un instrumento en un laboratorio estándar. ["Journal of the ICRU" Volumen 1, No 1, 2001, 96 páginas]

### • ICRU Report 65, Quantities, Units and Terms in Radioecology.

Proporciona por primera vez de forma comprensiva y autorizada una serie de definiciones para magnitudes, unidades y términos usados en el campo ampliamente interdisciplinario de la radioecología. El ámbito de este informe es la presentación de las principales magnitudes y términos utilizadas en estudios de transporte de radionucleidos en el medio ambiente y aquellas utilizadas para ayudar a calcular los efectos de la radioactividad medioambiental en plantas, animales y humanos. La primera sección del informe define las magnitudes frecuentemente utilizadas en radioecología. Se proporcionan comentarios explicativos y condiciones especiales que deben ser especificadas para que las magnitudes



sean comprendidas completamente. Para alentar a una mayor uniformidad y minimizar la confusión en este campo, se dan tanto los nombres y símbolos reco-

mendados en la actualidad como los previamente utilizados. La segunda sección proporciona un glosario de términos científicos que se usan con frecuencia en radioecología. Muchos de estos términos son comunes a una o más disciplinas científicas que han sido aplicadas en estudios de radioecología. También se incluyen distintos apéndices que proporcionan los nombres comunes y científicos de una selección de especies de plantas y animales que se estudian con frecuencia en radioecología. [Journal of the ICRU] Volumen 1, No 2, 2001, 48 páginas]

**• Protección Radiológica 119. Desarrollo de un módulo de formación continuada multimedia en el ámbito de la protección radiológica en radiología intervencionista. Proyecto Europeo MARTIR**

El Grupo de Física Médica de la Universidad Complutense de Madrid ha venido desarrollando en estos últimos años un curso interactivo, consistente en un libro electrónico y dos vídeos de apoyo, que verá la luz próximamente dentro de la serie de publicaciones de "Protección Radiológica" de la Comunidad Europea con el número 119. La publicación ha contado con la financiación de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad Europea (proyecto N 98/B4-3040/CF-09 Multimedia and Audiovisual Radiation Protection Training in Interventional Radiology -MARTIR) y en ella han participado además del grupo de la Complutense y del Hospital Clínico de Madrid otros expertos del Reino Unido, Francia, Italia y Alemania.

El curso consta de un vídeo sobre ba-



ses de la Protección Radiológica (30 min), un vídeo sobre Control de Calidad y Dosimetría a pacientes (30 min) y un CD-ROM para la formación en protección radiológica en Radiología Intervencionista. El proyecto desarrolla material docente que pueda ser utilizado en los estados miembros de la UE para la acreditación y formación continuada en protección radiológica en RI para diversos tipos de colectivos (especialistas médicos, expertos en Física Médica, Técnicos en Radiodiagnóstico, ATS, etc) tal y como se señala la Directiva Europea 97/43 EURATOM.

El CD-ROM interactivo consta de 80 lecciones agrupadas en cinco módulos (Introducción, Fundamentos Físicos, Tecnología aplicada a la Radiología Intervencionista, Protección Radiológica del Paciente y del Personal de Operación y Control de Calidad.

El CD-ROM puede utilizarse accediendo libremente a las diferentes secciones, textos o imágenes o bien, de forma estructurada siguiendo un curso paso a paso que se personaliza en función de la titulación del usuario. En este caso el alumno debe rellenar una ficha personal (que se guarda de forma encriptada en el disco duro o disquete del alumno) y que almacenará los progresos alcanzados (número de pantallas visitadas, tiempo de uso del CD, cuestiones de tipo test contestadas, etc.).

El CD-ROM incluye una base de datos con 300 preguntas tipo test de cinco respuestas múltiples.

Aspecto destacado del curso es la posibilidad de que el alumno genere, para solicitar una acreditación o convalidación por créditos docentes, un archivo encriptado con el cual un supervisor o gestor del curso puede comprobar que el alumno ha completado la visita a todas las lecciones específicas de su titulación, que ha empleado un tiempo razonable para su estudio, que ha contestado a las preguntas obligatorias para acceder a un nuevo capítulo y por último que ha superado un examen de acreditación incluido en el CD consistente en 60 preguntas de la base de datos. El alumno podrá examinarse tantas veces como desee, quedando ese dato también grabado en su ficha



personal junto con la totalidad de las respuestas acertadas y falladas. El examen (cuestiones y orden de las respuestas) se genera aleatoriamente cada vez que el alumno intenta examinarse por lo que se limita la posibilidad de que el alumno "memorice" las respuestas correctas.

El proyecto está especialmente indicado para solventar el problema de los hospitales que reciben residentes o becarios y que deben empezar a trabajar con Radiaciones Ionizantes aún antes de poder comenzar un curso reglado.

El material desarrollado sirve:

- Para la formación continuada de distintos colectivos: Radiólogos, Cardiólogos, Radiofísicos, Técnicos, etc.
- Para formación de Técnicos en Radiodiagnóstico que rotan de unas salas a otras.
- Para que la formación continuada se pueda hacer y supervisar de forma individualizada.

Lo más novedoso del producto sería:

- Formación personalizada multimedia.
- Evaluación y acreditación automática con supervisión del tiempo dedicado a cada sección.
- Utilización por distintos colectivos.
- Ayuda al cumplimiento de la normativa vigente.

La Comunidad Europea ha previsto realizar copias del producto en español, inglés, alemán, italiano y francés. Se está en contacto con la SEPR y con las SEFM para distribuir gratuitamente copias de la versión española entre sus socios.

Para cualquier consulta sobre el producto los interesados pueden dirigirse a E. Guibelalde (Física Médica. Fac. Medicina. U. Complutense de Madrid



28040 Madrid por correo electrónico a martir@med.ucm.es)

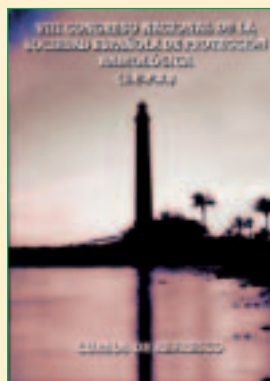
### •VIII Congreso Nacional de la SEPR

Esta publicación recoge los cursos de actualización que en forma de talleres fueron impartidos durante el VIII Congreso Nacional de la Sociedad de Protección Radiológica, celebrado en Maspalomas (Canarias) durante el mes de septiembre del año 2000.

El libro contiene temas de máximo interés de acorde con el ámbito del Congreso, que fueron desarrollados por sus autores y que a modo de recordatorio se resumen a continuación para los lectores interesados:

Sistemas de seguridad en aceleradores lineales de electrones. Caracterización y gestión de residuos radiactivos. Dosimetría tanto interna como personal. Técnicas básicas en radiobiología y Normativa de protección radiológica para radiaciones no ionizantes.

Los socios interesados pueden adquirir los ejemplares (10 euros) en la secretaria de la SEPR o bien ser enviados a domicilio (12 euros).



### •ICRP-84: Embarazo e Irradiación Medica



Una revisión completa de un tema que afecta a un número elevado de pacientes y de trabajadoras expuestas a las radiaciones ionizantes. La cuestión ha sido tratada de forma muy conveniente para su utilización por los médicos y por el personal sanitario que, en cualquier país del mundo, necesitan una información científica sólida y, a la vez, unos criterios claros sobre cómo actuar cuando una mujer embarazada ha sido o tiene que ser expuesta a radiaciones ionizantes por razones médicas.

veniente para su utilización por los médicos y por el personal sanitario que, en cualquier país del mundo, necesitan una información científica sólida y, a la vez, unos criterios claros sobre cómo actuar cuando una mujer embarazada ha sido o tiene que ser expuesta a radiaciones ionizantes por razones médicas.

### • Revisiones recientes sobre exposición a campos magnéticos de baja frecuencia y cáncer



Documento del NRPB británico.

El National Radiation Protection Board (NRPB) del Reino Unido publicó en el número 1 del Volumen 12 (2001) de su revista electrónica el Informe titulado "Campos Electromagnéticos ELF y el Riesgo de Cáncer".

El documento ha sido redactado por un Grupo Consultivo en Radiación No-Ionizante, dirigido por Sir Richard Doll, Imperial Cancer Research Fund Cancer Studies Unit, Oxford. El documento, que puede ser consultado en <http://www.nrpb.org>, realiza una revisión exhaustiva de la evidencia científica reciente sobre los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF: f <

300 Hz) y su potencial implicación en la etiología del cáncer. Para ello se ha empleado la literatura publicada a partir de 1992, fecha en que el NRPB emitió su anterior informe. Los estudios son clasificados en el documento dentro de las siguientes secciones: 1) *Control de la exposición*: La disponibilidad de nuevos equipos con precisión y fiabilidad adecuadas han permitido mejorar significativamente la medición y control de las exposiciones ELF experimentales, residenciales y ocupacionales. 2) *Estudios sobre células*: Los nuevos trabajos no han proporcionado evidencia clara de que la exposición a campos de frecuencia industrial (FI: 50/60 Hz) con niveles ambientales típicos (0,01 – 0,2  $\mu$ T) puedan afectar procesos celulares relacionados con el inicio de la carcinogénesis. Aquellos estudios que han mostrado efectos celulares, lo han hecho generalmente bajo niveles de exposición elevados ( $B > 100 \mu$ T) y han detectado sólo pequeños cambios cuyas consecuencias biológicas no están claras. 3) *Estudios en animales y en voluntarios humanos*: Tomada en su conjunto, la evidencia obtenida de un elevado número de estudios en animales no respalda la hipótesis de que la exposición a campos FI incremente el riesgo de cáncer. Así, los modelos desarrollados en animales para leucemia, carcinomas mamarios, tumores cerebrales y tumores de piel, inducidos químicamente o no, han proporcionado mayoritariamente evidencia negativa respecto a la inducción o progresión de esos cánceres en roedores expuestos a FI. Respecto a la posible acción de los campos FI como inductores de alteraciones en el ritmo circadiano de síntesis de la hormona melatonina, un alegado oncostático natural, los datos experimentales en roedores son equívocos y la relevancia del posible efecto está todavía por determinar. En humanos, un estudio reciente ha mostrado indicios de que exposiciones previas al periodo nocturno de síntesis de melatonina podría tener efectos en un subgrupo sensible de la población investigada. Sin embargo, la mayor parte de la evidencia obtenida en voluntarios sugiere que los ritmos de melatonina no

se ven retrasados ni suprimidos por exposiciones a FL. Tampoco existe evidencia consistente de efectos de la exposición sobre aspectos del funcionamiento del sistema inmune. 4) *Estudios de exposiciones residenciales*: Los progresos en la metodología de dosimetría de campos aplicada a estudios epidemiológicos han permitido llegar a la conclusión de que los datos epidemiológicos, en su conjunto, sugieren que exposiciones a niveles promedio relativamente elevados ( $B \geq 0,4 \mu T$ ) están asociados con una duplicación del riesgo de leucemia en niños menores de 15 años. Sin embargo, esta evidencia no es considerada concluyente y se investiga la posibilidad de que el incremento de leucemia observado sea debido a sesgos o a limitaciones características de la metodología. Los estudios en adultos son escasos y no existen motivos para considerar que la exposición residencial a campos ELF pudiera estar implicada en el desarrollo de leucemia o tumores cerebrales en adultos. 5) *Estudios de exposición ocupacional*: Algunos grupos de trabajadores pueden verse expuestos a niveles

significativamente elevados de campos ELF, y los estudios recientemente realizados presentan una notable potencia estadística. Esos estudios sobre trabajadores, en su conjunto, no han establecido una relación causal entre exposición e incrementos en la incidencia de ningún tipo de tumor. Sin embargo, algunos trabajos han mostrado entre trabajadores excesos de incidencia, generalmente modestos, restringidos a dos tipos de cáncer, leucemia (leucemia mieloide aguda, principalmente) y cáncer cerebral.

El documento del Grupo Consultivo identifica también algunas carencias en el actual conocimiento de los potenciales efectos cancerígenos de los campos ELF, y propone investigaciones experimentales y epidemiológicas que contribuirían a corregir esas carencias. La *Conclusión General* del documento se resume en el texto que se transcribe, traducido del inglés, a continuación: "Los experimentos de laboratorio no han proporcionado evidencia firme de que los campos electromagnéticos ELF sean capaces de producir cáncer, tampoco los estudios epidemiológicos sugieren que esos campos provoquen cáncer en

general. Existe, sin embargo, alguna evidencia epidemiológica de que la exposición prolongada a niveles elevados de campos magnéticos de frecuencia industrial está asociada con un pequeño riesgo de leucemia en niños. En la práctica, esos niveles de exposición se dan muy raramente entre la población del Reino Unido. En ausencia de evidencia clara de un efecto cancerígeno en adultos, o de una explicación plausible a partir de experimentos en animales o en células aisladas, la evidencia epidemiológica no es en el presente lo suficientemente robusta para justificar una conclusión firme de que esos campos provocan leucemia en niños. Sin embargo, a menos que investigaciones futuras indiquen que los resultados son debidos al azar o a algún artefacto desconocido en la actualidad, existe la posibilidad de que exposiciones intensas y prolongadas a campos magnéticos puedan incrementar el riesgo de leucemia en niños."

*Alejandro Úbeda Maeso, Servicio de Bioelectromagnetismo-Investigación Hospital Ramón y Cajal*

## CONVOCATORIAS

---

### • Cursos abiertos del Ciemat relacionados con la energía y el medio ambiente

Espectrometría Gamma Avanzada con Detectores de Semiconductor. Análisis de Espectros.

15 - 19 abril - 30 horas

**Objetivo:** Familiarizar a investigadores y profesionales en las técnicas de espectrometría g con detectores de semiconductor. Durante el curso se utilizarán programas de análisis de espectros comerciales aplicados al campo de la vigilancia radiológica ambiental y a la tecnología de Residuos Radiactivos.

**Contenido:**

- Interacción radiación-materia. Instrumentación.
- Análisis de espectros g. Algoritmos y modelos funcionales.

- Metodología de medida y características de los espectros g en la vigilancia radiológica ambiental
- Metodología de medida y características de los espectros g en la tecnología de residuos.
- Características de los espectros en medidas "in situ".
- Prácticas de análisis de espectros en distintos campos de aplicación.
- Se utilizarán los programas comerciales de mayor uso.

**Inscripción:** Hasta 15 días antes de la de comienzo del curso.

**Cuota:** 640 euros. Se prevé un número limitado de cuotas reducidas (320 euros). Incluye documentación y comida.

**Información adicional:**

Formación en Energía y Medio Ambiente. Tel.: 91 346 62 94/62 96. Fax: 91 346 62 97

### • Curso de Supervisores de Instalaciones Radiactivas

El Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Huelva (Área Hospitalaria Hospital Juan Ramón Jiménez), organiza del 8 de abril al 10 de mayo de 2002, Cursos de Supervisores de Instalaciones Radiactivas. Dichos cursos están homologados por el Consejo de Seguridad Nuclear, y tienen como objetivo proporcionar a los alumnos los conocimientos necesarios para la obtención de la Licencia de Supervisor de Instalaciones Radiactivas. En la dirección [www2.uhu.es/supervisores/](http://www2.uhu.es/supervisores/) se puede encontrar información detallada sobre el curso (horas lectivas, profesorado, programa) y el formulario de inscripción.

• **International Conference on "Healthcare Risk Management, Information Systems and Internet, Recommendations for Action".**

Esta Conferencia Internacional, que se celebrará en la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette en París los días 8 y 9 de abril, reunirá a algunos de los mejores expertos mundiales sobre Gestión del Riesgo de la Salud y las Tecnologías de la Información, propiciando el intercambio de experiencias y de conocimientos.

Más información:

Comité Científico

Bertrand Schneider - Presidente de FWS

10, rue de la Paix - 75002 París

Tel.: 33 1 49 26 03 72

E-mail: fws@fwsconsultant.com

http://www.fwsconsultant.com

• **4th International Conference on Health Effects of Low-level Radiation**

Keble College- Oxford, Inglaterra  
22-24 de septiembre de 2002

Organizada por la Sociedad Nuclear Británica y co-patrocinada por la Sociedad de Protección Radiológica, ésta es la cuarta de una serie de conferencias que han tenido una gran aceptación entre el público por su forma de presentar la información más relevante sobre radiobiología y dosimetría para comprender el



actual debate sobre los efectos que tienen sobre la salud y el medio ambiente, la exposición a radiaciones ionizantes. Además, pretende crear un foro de discusión sobre los últimos avances en éste área.

Más información:

Ms Sue Frye, Conference Office, Institution of Civil Engineers, One Great George Street, Westminster, London SW1P 3AA, UK.

Fax: +44 (0)20 7233 1743. e-mail:

Sue.Frye@ice.org.uk

• **28 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española**

Salamanca, Palacio de Congresos, 11-13 septiembre 2002

La Sociedad Nuclear Española celebrará el próximo mes de septiembre su 28 Reunión Anual, siendo en esta ocasión la sede el Palacio de Congresos de Salamanca. Como cada año, los mejores profesionales de todos los campos del sector nuclear se darán cita en este importante evento que sirve de punto de encuentro y de debate donde se comparten y difunden los conocimientos y avances logrados en el sector nuclear en el último año. El éxito de estos encuentros reside en la combinación de interesantes e intensas sesiones de trabajo con un completo y ameno programa social que permite el intercambio de experiencias y el conocimiento mutuo de los asistentes.

• **Conferencia Internacional sobre Formación en Protección Radiológica: Estrategias de Futuro**

17-19 Septiembre de 2003

El "Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires" (INSTN) perteneciente al CEA en Saclay organizó en 1999 una Conferencia sobre la Formación en Protección Radiológica (PR), con el objetivo prioritario de discutir las necesidades de formación en protección radiológica en los diferentes países de la Unión Europea.

La reunión, primera de este tipo, supuso una reflexión sobre la influencia de la evolución normativa de la Unión Europea en los diferentes programas de formación en protección radiológica, y la experiencia obtenida tras la adaptación de los programas tanto en la formación inicial como en la continua de los profesionales de la PR. Uno de los aspectos más debatidos ha sido el tema de la armonización de los programas de Formación y la posibilidad de un reconocimiento de este tipo de formación a nivel europeo.

Durante la reunión se contactó con el grupo español asistente para la organización del siguiente evento en nuestro país en un plazo de tres años para analizar el estado del arte de los programas de formación en protección radiológica.

El próximo año está previsto la organización de la *II Conferencia sobre Formación en PR: estrategias futuras*, que se celebrará en el CIEMAT (Madrid) durante los días 17, 18 y 19 de septiembre de 2003, y que nace con el objeto de revisar los resultados y discutir las estrategias futuras que cubran las necesidades planteadas. Para la organización se ha solicitado el apoyo de la Unión Europea dentro del V programa marco en medidas de acompañamiento como una euroconferencia (PETRA-03) y la del grupo de trabajo en Educación y entrenamiento de d-C4 ( Art. 31) que constituya un foro de intercambio de ideas y experiencias habidas entre los profesionales.

Los principales objetivos de la Conferencia son:

- Analizar las futuras estrategias de la formación, los programas de formación en PR y la información para los diferentes grupos y sectores involucrados.
- Programas de Formación Inicial y Continuada
- Analizar las necesidades de material didáctico y los esfuerzos realizados por los organismos internacionales en el desarrollo de objetivos educativos en las diferentes áreas.

- Armonización de los programas de formación en los distintos niveles

En estos momentos la Conferencia se encuentra en su primera fase, no obstante podemos avanzar algunos datos.

• **Comité de Honor** (En fase de confirmación)

- Ministerio de Ciencia y tecnología
- Presidenta del CSN
- Presidente de ENRESA
- Director General del CIEMAT
- Director de la ETSII Politécnica de Madrid (UPM)
- Representante del OIEA
- Representante de la Unión Europea

• **Comité de Programa** (Provisional y en fase de confirmación)

- Presidente. Prof. Agustín Alonso UPM
- Prof. Eliseo Vañó Dep. Física Médica UCM
- Prof. Rafael Ruiz Cruces universidad de Málaga
- Dr. Leopoldo Arranz Hospital Ramón y Cajal
- Representante del CSN
- Representante de ENRESA
- Representantes de las Sociedades, SEPR,

SEFM, SNE.  
 - Representante del OIEA  
 - Representante de la UE  
 - Dr. Pierre Noel Lirsac INSTN-CEA  
 - Dra. A. Schmitt-Hanning BFS, Alemania coordinadora nacional.

- **Comité Organizador:** (Provisional)
- Presidente Marisa Marco CIEMAT
- Mónica Rodríguez CIEMAT
- Susana Falcón CIEMAT
- Representante SEPR
- Representante CSN

Con esta primera información hemos elaborado un primer anuncio cuyo objetivo principal es dar a conocer esta iniciativa e invitaros a colaborar en la realización de esta reunión aportando todas aquellas ideas que os parezca deban formar parte de los temas a tratar.

• **Conference on Safe Decommissioning for Nuclear Activities: Assuring the Safe Termination of Practices Involving Radioactive Materials.**

14 - 18 Octubre 2002

Berlin, Alemania.

La Conferencia está organizada por la IAEA y organizada por el BFS (Bundesamt für Strahlenschutz) de Alemania. El objetivo de la Conferencia es fomentar el intercambio de información sobre la seguridad y la finalización ordenada de prácticas que implican el uso de sustancias radioactivas, incluyendo tanto desmantelamiento como restauración medioambiental y promover una mayor coherencia internacional sobre estrategias y criterios para la finalización segura de las prácticas. La Conferencia está dirigida a un amplio espectro de disciplinas incluyendo física de la salud, ingeniería medioambiental, protección radiológica, residuos radioactivos y valoración radiológica.

Más información en la dirección de internet <http://www.iaea.org/worldatom/Meetings/>



• **International Conference on Occupational Radiation Protection: Protecting Workers Against Exposure to Ionizing Radiation.**

Ginebra, Suiza, 26-30 Agosto 2002

La IAEA organiza la primera Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica Ocupacional. El objetivo de la Conferencia es fomentar el intercambio de información en aspectos actuales relacionados con la exposición de trabajadores a radiación ionizante durante su trabajo, y formular recomendaciones, en la medida que sea apropiado, en relación a iniciativas a tomar para reforzar la cooperación internacional en la protección radiológica ocupacional. La Conferencia tratará el tema del establecimiento de estándares de protección radiológica ocupacional y tendrá en cuenta su aplicación. Se centrará en una serie de problemas específicos, inter alia, el complejo tema de controlar las exposiciones ocupacionales a fuentes naturales de radiación. Más información en la dirección de internet <http://www.iaea.org/worldatom/Meetings>.

• **International Conference on Issues and Trends in Radioactive Waste Management**

Viena, Austria 9 - 13 Diciembre 2002

Esta Conferencia, organizada por la IAEA en colaboración con la Comisión Europea y la Agencia de Energía Nuclear tiene como objetivo fomentar el intercambio de información sobre cuestiones actuales en el área de la administración de residuos radioactivos y promover la coherencia internacional respecto a estrategias y criterios para su resolución. La Conferencia va dirigida a un amplio espectro de disciplinas profesionales, entre las que se incluyen protección radiológica, administración de residuos radioactivos, ciencias medioambientales y valoración radiológica. Más información en la dirección de internet: <http://www.iaea.org/worldatom/Meetings/2002>

• **International Symposium on Standards and Codes of Practice Medical Radiation Dosimetry**

Viena, Austria, 25-28 Noviembre 2002

Organizada por la IAEA, la Comisión Europea, la Sociedad Europea para Radiología Terapéutica y Oncología, la

Organización Internacional de Física Médica y la Organización de la Salud Pan Americana, en cooperación con la Asociación Americana de Físicos en Medicina, la Federación Europea de Organizaciones de Física Médica, Sociedad Internacional para Oncología de Radiaciones y la Organización Mundial de la Salud. El objetivo del Simposium es proporcionar un foro donde puedan presentarse los avances acontecidos en la última década en dosimetría de radiaciones, no sólo en radioterapia con fuentes externas sino también en otras áreas de la medicina de radiaciones, y se pueda hacer un intercambio de conocimientos. Incluirá áreas de reciente desarrollo como la terapia intravascular, junto con áreas clásicas en las que la estandarización de la dosimetría puede no haber alcanzado un estado maduro, como por ejemplo en medicina nuclear y radiología diagnóstica. También resumirá el estado actual y perfilará tendencias futuras en dosimetría de radiaciones en medicina e identificará posibles áreas que han de ser mejoradas. Sus resúmenes y conclusiones deberían conducir a formular recomendaciones para la comunidad científica. Más información en las direcciones de internet: <http://www.iaea.org/worldatom/Meetings/2002> y <http://www.naweb.iaea.org/nahu/external/e3>



• **1ª Jornada Universitaria sobre Multimedia y Teleenseñanza en Radiología**

El próximo 31 de mayo de 2002 tendrá lugar en la Facultad de Medicina de Málaga la "1ª Jornada Universitaria sobre Multimedia y Teleenseñanza en Radiología".

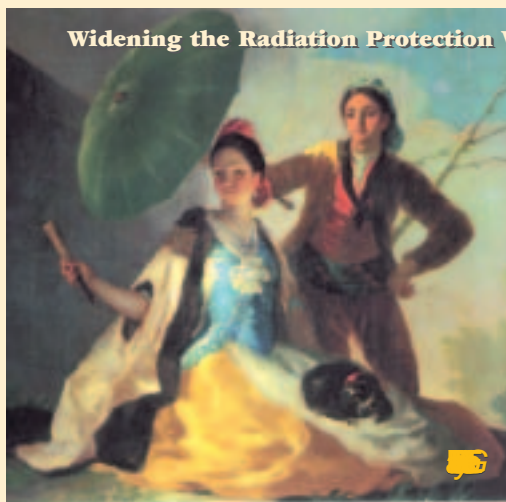
Estas Jornadas están organizadas por la Asociación de Profesores Universitarios de Radiología y Medicina Física (APURF), el Laboratorio de Radiología Digital de la Universidad de Málaga y el Laboratorio de Imagen Médica y Diagnóstica Radiológica (IMEDIR) de la Universidad de La Coruña.

## IRPA 2004. RESPUESTA A LA PRIMERA CONVOCATORIA

La Reunión Internacional de Protección Radiológica que se celebrará en Madrid, el año 2004, ya está teniendo una buena acogida entre los profesionales de los cinco continentes.

Se han recibido ya 574 solicitudes de inscripción por Internet y por correo, en respuesta a la segunda convocatoria. De Europa, los países más participativos son Francia, UK, España, Alemania, Italia y Rumania. De otros continentes, Japón, Brasil y EU han realizado, por ahora, el mayor número de solicitudes.

Cabe destacar que ya han sido enviados 182 resúmenes de ponencias y que 62 empresas ya han expresado su deseo de participar y tener presencia con un stand en la exposición que se celebrará como parte de la Reunión.




**Widening the Radiation Protection World**

**IRPA'11**

**11<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
CONGRESS OF THE INTERNATIONAL  
RADIATION PROTECTION  
ASSOCIATION**

May 23-28,  
2004 Madrid, Spain



Technical Secretary:  
VIAJES MAPFRE CONGRESOS  
IRPA'11  
Sor Angela de la Cruz, 6  
E-28020 Madrid (Spain)  
Tel.: (34) 915 812 778  
Fax: (34) 915 815 175  
congresos.viajes@mapfre.com  
[www.irpa11.com](http://www.irpa11.com)

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

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

Los trabajos que opten para ser publicados en **RADIOPROTECCIÓN** deberán tener relación con la protección radiológica y, en general, con todos los temas que puedan ser de interés para los miembros de la SEPR.

Los trabajos deberán ser originales y no podrán haber sido publicados en otros medios (a excepción de colaboraciones de especial interés, según criterio del Comité de Redacción). Su reproducción, total o parcial, sólo podrá realizarse previa autorización escrita de la editorial de la Revista.

La editorial acusará recibo de los trabajos, sin compromiso de publicación. El Comité de Redacción decidirá admitir o rechazar el artículo, o solicitar el asesoramiento del Comité Científico.

En este último caso, el artículo será enviado a dos miembros de este Comité, que podrán aprobar (con o sin comentarios) o rechazar el artículo. Si hay comentarios, éstos se harán llegar a la editorial, que los comunicará a los autores para su consideración.

Los originales estarán a disposición de los autores que deseen recuperarlos, una vez publicado el artículo, en la editorial.

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

La Revista incluirá, además de artículos científicos, secciones fijas en las cuales se reflejarán noticias de la propia Sociedad, otras informaciones de interés, publicaciones, etc. Se incluirá también una sección de "Cartas al Director".

Todo trabajo o colaboración se enviará a: Revista Radioprotección. C/Isla de Saipán, 47. 28035 MADRID.

Los artículos deberán cumplir las siguientes normas técnicas:

### 1. Originales

- El idioma de la revista es el castellano
- El trabajo original tendrá una extensión máxima de 10 páginas (cuerpo 12, interlineado sencillo).

Los gráficos, dibujos y fotografías se consideran aparte.

- Los trabajos se entregarán en diskette, con tres copias en papel. Se utilizará un tratamiento de textos estándar (word, wordperfect).

- Las fotografías deberán entregarse en original (papel o diapositiva). Las imágenes digitalizadas deberán tener una resolución superior a 300 ppp. En caso contrario, se entregarán en papel

### 2. Título y Autores

En la presentación deberá figurar, y por este orden, título del artículo, nombre y apellidos de los autores, nombre y dirección del centro de trabajo, domicilio para la correspondencia, teléfono de contacto y otras especificaciones que se consideren oportunas.

### 3. Resúmenes en castellano y en inglés

Tendrán una extensión máxima de 100 palabras en cada idioma y expresarán una idea general del artículo.

### 4. Texto

Estará dividido en las suficientes partes y ordenado de forma que facilite su lectura y comprensión, ajustándose en lo posible al siguiente esquema: Introducción, Desarrollo, Resultados y Conclusiones.

### 5. Referencia Bibliográfica

Se presentarán según el orden de aparición en el texto, con la correspondiente numeración correlativa.

Se utilizarán las abreviaturas recomendadas en el *Chemical Abstracts* y en el *Index Medicus*.

### 6. Ilustraciones y Tablas

Los gráficos y las fotografías irán numerados en números arábigos, de manera correlativa y conjunta, como figuras.

Las tablas se presentarán con la numeración en números romanos y el enunciado correspondiente; las siglas y abreviaturas se acompañarán de una nota explicativa a pie de página.