

RADIOPROTECCIÓN

SEPR



25^o
ANIVERSARIO

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



▲ *X Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica*

▲ *Resolución de los Modelos de la ICRP con BIOKMOD: Aplicación a la Evaluación de Bioensayos*

▲ *La Técnica de Pintado Cromosómico mediante FISH en Dosimetría Biológica: Evolución y Aplicabilidad*

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Directora

Almudena Real

Coordinadora

Carmen Roig

Comité de Redacción

Beatriz Gómez-Argüello
José Miguel Fernández Soto
Carlos Huerga
Paloma Marchena
Dolores Patiño
Matilde Pelegrí
Beatriz Robles
José María Sastre
Luis Miguel Tobajas
M^o Ángeles Trillo.

Coordinador de la página electrónica

Carlos Prieto

Comité Científico

Presidente: Luis M. Tobajas

David Cancio, Luis Corpas, Felipe Cortés,
Antonio Delgado, Eugenio Gil,
Luciano González, Araceli Hernández,
José Hernández-Armas,
Ignacio Hernando, Rafael Herranz,
Pablo Jiménez, Juan Carlos Lentijo,
María Teresa Macías, Xavier Ortega,
Pedro Ortiz, Teresa Ortiz, Turiano Picazo,
Rafael Puchal, Luis Quindós,
Rafael Ruiz Cruces, Guillermo Sánchez,
Eduardo Sollet, Alejandro Ubeda,
Eliseo Vañó.

Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid

Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77

Correo electrónico: sendaeditorial@sendaeditorial.com

Imprime: IMGRAF, S.L.

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

La revista de la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA es una publicación técnica y plural que puede coincidir con las opiniones de los que en ella colaboran, aunque no las comparte necesariamente.



EDICIÓN DICIEMBRE 2005

La SEPR desea unas Felices Fiestas y un Próspero Año a todos sus socios

S U M A R I O

- Editorial **3**
- Noticias **4**
 - de la SEPR 4
 - de España 33
 - del Mundo 38
- X Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica **11**

Huelva 20-23 de septiembre de 2005
F. Carrera y J.P. Bolívar
- Colaboraciones **17**
 - Resolución de los Modelos de la ICRP con BIODMOD: Aplicación a la Evaluación de Bioensayos G. Sánchez 17
 - La Técnica de Pintado Cromosómico mediante FISH en Dosimetría Biológica: Evolución y Aplicabilidad M. Oteo y A. Real 24
- Publicaciones **49**
- Convocatorias **52**

Editorial

Debido a la reciente celebración, el pasado mes de septiembre, del X Congreso Nacional de la SEPR, el número anterior de **RADIOPROTECCIÓN** fue dedicado monográficamente al mismo. Sin embargo, éste número también contiene una gran parte de información relativa a dicho Congreso, información que, por su carácter, no podía ser previamente incluida y que, al ser complementaria de la ya ofrecida y constituir el resumen de esta actividad, será de gran interés para los lectores.

Aún a riesgo de no poder ser totalmente objetivo, es de rigor afirmar que el Congreso ha cosechado un éxito significativo, por lo cual debemos felicitarlos. Sin duda, el reto no era fácil; sólo hacía poco más de un año de IRPA 11 y la "vuelta a la normalidad", tras un acontecimiento de carácter mundial, era un objetivo perseguido, que demostrara que la SEPR en su conjunto (hablo fundamentalmente de sus socios), no se había relajado tras el éxito y seguía manteniendo un nivel saludable de producción científico-técnica. En este sentido, la cifra y la calidad de las comunicaciones presentadas hablan por sí solas. Si añadimos el excelente nivel de las ponencias invitadas y del debate mantenido, junto con el magnífico programa social ofrecido y la eficacia organizativa, la afirmación de éxito no resulta exagerada.

Otras dos actividades relevantes tuvieron lugar paralelamente, la celebración del 25 aniversario de la Sociedad y su Asamblea General. De la primera de ellas se da cumplida cuenta en estas páginas, por lo que sólo se insistirá en resaltar la satisfacción compartida que ha supuesto el reencuentro con nuestros anteriores presidentes, la felicitación a nuestros nuevos y merecidos socios de honor y la constatación del alto grado de madurez y reconocimiento alcanzado por la SEPR en estos 25 años.

La Asamblea General, que tuvo un grado de participación significativamente más alto que en ocasiones anteriores, incluyó los correspondientes informes del Presidente y Tesorera, que presentaron un balance detallado de la gestión del último año y las previsiones para el próximo, siendo aprobados por unanimidad. Se destacan entre las propuestas realizadas y aprobadas, la de nombramiento de cuatro nuevos socios honorarios (Pilar López Franco, Agustín Alonso, Andrés Leal y Abel González), la creación de una comisión mixta SEFM-SEPR, con la misión fundamental de estudiar y proponer mecanismos de convergencia de actividades científicas, la elección de candidatura para el próximo congreso ordinario de la SEPR en 2007, que recayó en Tarragona y supone la incorporación de nuestro compañero Miguel López Tortosa a la Junta Directiva como Vicepresidente para Congresos y la potenciación del papel de la SEPR en el tema de las RNI.

Además de la publicación de la conferencia inaugural del X Congreso, pronunciada por el excelente profesional de la comunicación Antonio Calvo, el presente número incluye dos artículos científicos. El primero de ellos, centrado en dosimetría interna, describe un programa de cálculo orientado a la resolución de los modelos de incorporación vigentes de ICRP, permitiendo modificar sus parámetros y presenta las principales aplicaciones del programa, entre las que se encuentran la evaluación de bioensayos, tanto para el establecimiento de programas de vigilancia como para evaluar incorporaciones desconocidas y la evaluación de las incertidumbres de los modelos de ICRP. El segundo de los artículos presenta una revisión bibliográfica sobre el estado actual del conocimiento, ventajas e inconvenientes de la técnica de hibridación in situ con fluorescencia (FISH), utilizada para el contaje de aberraciones cromosómicas, y sus aplicaciones en dosimetría biológica.

Finalmente, desde este editorial, como siempre que coincidimos con las fiestas navideñas, enviamos a todos los socios de la SEPR una cariñosa felicitación y nuestro más sincero deseo de bienestar y prosperidad para el futuro.



Secretaría Técnica

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

Junta Directiva

Presidente: José Gutiérrez
Vicepresidente: Rafael Ruiz
Vicepresidente
de Congresos: Miguel López
Secretario General: Ramón Almguera
Tesorera: Cristina Correa
Vocales: Manuel Alonso, José Miguel
Fernández, Eugenio Gil, Pablo L. Gómez

Comisión de Asuntos Institucionales

Responsable: José Gutiérrez
Leopoldo Arranz, David Cancio,
Pedro Carboneras, Pío Carmena,
Manuel Fernández, Ignacio Hernando,
Xavier Ortega, Juan José Peña, Manuel
Rodríguez, Eduardo Sollet

Comisión de Actividades Científicas

Responsable: Rafael Ruiz
José Baro, Natividad Ferrer,
Eduardo F. Gallego, Fernando González,
Fernando Legarda, M^o Teresa Macías,
M^o Luisa Marco, Almudena Real,
Carmen Rueda, Alejandro Ubeda,
M^o Isabel Villanueva, Rosa Villarreal

Comisión de Normativa

Responsable: Ramón Almguera
M^o Luisa Chapel, M^o Luisa España,
Mercé Ginjaume, M^o Isabel Gutiérrez,
Araceli Hernández, M^o Jesús Muñoz,
M^o Teresa Ortiz, Turiano Picazo,
Eduardo Sollet

Comisión de Comunicación y Publicaciones

Responsable: José Miguel Fernández
Leopoldo Arranz, David Cancio,
Joan Font, Olvido Guzmán,
M^o Teresa Macías, Paloma Marchena,
Carlos Prieto, Almudena Real,
Eduardo Sollet

Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Responsable: Cristina Correa
Pío Carmena, Eduardo F. Gallego,
M^o Jesús Muñoz, M^o Teresa Ortiz,
Beatriz Robles



Carta del Presidente de la Sociedad Portuguesa de Protección Radiológica

Carta anónima sobre Huelva.

Querida Directora:

Nos gustaría felicitar a todas aquellas personas que han hecho posible que el X Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica fuera un rotundo éxito y muy especialmente al Presidente del Congreso F. Carreras que además de ser un excelente profesional posee una calidad humana que ha transmitido a todos durante estos días.

Nos hemos visto abrumados por el nivel de las presentaciones invitadas, hemos podido contar con la presencia del nuevo Presidente de ICRP Lars Erik Holm y con Abel González gran amigo de la SEPR, que como siempre nos sorprendió y entusiasmó. También debemos valorar la calidad de las presentaciones orales y de los Posters. Una vez más hemos podido comprobar que la SEPR está cada día más joven y viva a pesar de que este Congreso coincidía con la celebración de los 25 años de su fundación. Nos será difícil olvidar la cena de gala, además de por ser excelente por el justo, merecido y emotivo homenaje a nuestros expresidentes y a los nuevos Socios de Honor.

Por todo ello gracias y felicidades

Un grupo de Socios de la SEPR



1 de Março de 2001

SOCIEDADE PORTUGUESA DE
PROTECÇÃO CONTRA RADIAÇÕES

NIPC: 503027379

Instituição de Utilidade Pública

Afiliação do International Radiation Protection Association

Presidente: João José Fausto Quintela de Brito
Rua 5 de Outubro Lote 33 1ºE
2695-697 S. João da Talha. PORTUGAL
Tel. +351 219552062
Telecópia: +351 219942077
S. João da Talha, 28 de Setembro de 2005

Exmo Senhor Doutor D. José Gutiérrez

Eminente Presidente da Junta Directiva da Sociedade Espanhola de Protecção Radiológica

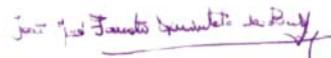
As minhas primeiras palavras, sem olvidar o agradecimento do convite por vós formulado, e que farei com a devida relevância, incidirão em primeiro lugar sobre a magnífica organização do X CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE ESPANHOLA DE PROTECÇÃO RADIOLÓGICA., marco indelével na história das Comunidades Científicas, mormente das que se dedicam à temática da Protecção Contra Radiações, nas suas duas vertentes fundamentais.

A extraordinária Organização, em que D. Francisco Carrera Magariño sendo o Presidente do Comité Organizador, portanto o interlocutor próximo, com quem contactei, permitiu, que eu próprio vos pudesse acompanhar em tão importante Comemoração em que as Bodas de Prata da Sociedade Espanhola de Protecção Radiológica, tiveram um luzimento próprio duma grande estrutura organizativa, aliada ao magnífico conjunto, quer humano quer científico dos seus associados, detentores dum potencial inestimável em que o Conhecimento Científico, se entrelaça num amplo abraço à magnífica estrutura moral e humana dos vossos Associados, alguns dos quais, fazem parte inestimável do Magnífico potencial das minhas amizades.

Receba pois Exmo Senhor Presidente, as minhas sinceras felicitações que se conjugam com profundo agradecimento por me terem proporcionando uma tão esplendorosa festa, convidando-me, facto que muito me sensibilizou.

Permito-me anexar as "palavras" que teria tido muito prazer vos ter dirigido. Com amizade, consideração e estima, e na expectativa de se revigorarem as relações institucionais, subscrevo-me.

O Presidente da Sociedade Portuguesa de Protecção Contra Radiações



(Investigador Científico)

Código Deontológico de la IRPA adoptado por la Sociedad Española de Protección Radiológica

Con el objetivo de ayudar a los miembros de las Sociedades Asociadas a la International Radiation Protection Association (IRPA) a mantener una conducta profesional ética en el ámbito de la protección radiológica, dicha Asociación elaboró en el año 2004 el documento "Code of Ethics". El documento, en su fase de borrador, fue enviado a todas las Sociedades Asociadas para que lo revisaran y enviaran los comentarios oportunos, con objeto de alcanzar el mayor grado de consenso posible. Así, la SEPR creó un grupo de trabajo liderado por el Profesor Agustín Alonso, que revisó e hizo los comentarios oportunos al documento borrador. Una vez el documento estuvo publicado en su versión final, el mismo grupo de trabajo de la SEPR se encargó de traducirlo al español, para darle una mayor difusión entre sus socios. A continuación se reproduce el texto original elaborado por IRPA en inglés, así como la versión en castellano realizada por la SEPR.

Código deontológico de la International Radiation Protection Association (IRPA) adoptado por la Sociedad Española de Protección Radiológica en la Asamblea General celebrada el 27 de septiembre de 2004

Estos principios tienen por finalidad ayudar a los miembros de las Sociedades Asociadas a IRPA a mantener una conducta profesional ética. Se deberán interpretar como guías que les ayudarán a determinar el grado de corrección de su conducta en todas aquellas relaciones en las que tengan que ejercer sus conocimientos profesionales.

Cuando exista la sospecha de que un miembro haya violado este Código Deontológico, se espera que la Sociedad a la que pertenece investigue el hecho y tome las medidas oportunas.

Estos principios éticos obligan a los miembros de La Sociedad Española de Protección Radiológica a lo siguiente:

1. Poner su mayor empeño en el ejercicio de sus conocimientos y criterios profesionales y actuar con integridad a la hora de ejercer sus responsabilidades.
2. No permitir que ningún conflicto de intereses, presión ejercida o posible interés creado comprometa su criterio y consejo profesional. Especialmente, no deberán poner en riesgo el bienestar y la seguridad públicos para favorecer los intereses del empleador.
3. No aceptar ningún empleo o consulta que vaya en contra de los intereses públicos o de la ley.
4. Respetar absolutamente la confidencialidad de la información que obtengan en el desempeño de sus obligaciones profesionales, siempre que dicha protección no constituya en sí un acto sin ética o ilegal.
5. Asegurarse de que sus relaciones con las partes interesadas, con otros profesionales y con el público en general, reflejan y se basan en los más altos niveles de integridad, profesionalidad y equidad.
6. Asegurarse del alcance y contenido de las funciones profesionales requeridas bajo determinadas circunstancias, especialmente aquellas que afecten a la seguridad del público. No contraer ninguna obligación profesional para la que no estén debidamente cualificados o no crean tener competencia para desempeñarla.
7. Poner todos los medios razonables a su alcance para asegurarse de que las personas bajo su supervisión o dirección estén capacitadas para la labor que realizan y que no se vean sometidas a una presión excesiva por sobrecarga de trabajo o cualquier otra causa.
8. Esforzarse por mejorar sus conocimientos, grado de pericia y competencia profesional.
9. Basar sus informes, declaraciones, publicaciones o asesoramientos en principios y bases científicas de protección radiológica sólidos. Estos deberán reflejar la máxima precisión que permitan los conocimientos de dichos miembros y su correcta autoría.
10. Rectificar, siempre que sea oportuno y viable, cualquier declaración imprecisa

te, sensacionalista o que se preste a confusión realizada por otros en relación con la radiación o la protección radiológica.

11. Aprovechar todas las oportunidades que se presenten de aumentar el grado de comprensión por parte del público de lo que constituye la protección radiológica y su conocimiento de la finalidad y los objetivos de la Sociedad Española de Protección Radiológica y de IRPA.

SEPR, septiembre de 2005

Document IRPA11/GA/4 (Rev.) Ref: IRPA 04/07

IRPA Code of Ethics

These principles are intended to aid members of IRPA Associate Societies in maintaining a professional level of ethical conduct related to radiation protection. They are to be regarded as guidelines. Members of Societies may use them to determine the propriety of their conduct in all relationships in which they are exercising their professional expertise. Associate Societies are encouraged to adopt or incorporate them as appropriate. If there is reason to believe that a member has breached this Code of Ethics, the Society to which the member belongs is expected to investigate and take appropriate measures.

1. Members shall exercise their professional skill and judgement to the best of their ability and carry out their responsibilities with integrity.
2. Members shall not allow conflict of interest, management pressures or possible self-interest to compromise their professional judgement and advice. In particular members shall not compromise public welfare and safety in favour of an employer's interest.
3. Members shall not undertake any employment or consultation that is contrary to the public welfare or to the law.
4. Members shall protect the confidentiality of information obtained during the course of their professional duties, provided that such protection is not in itself unethical or illegal.
5. Members shall ensure that relations with interested parties, other professionals and

the general public are based on, and reflect, the highest standards of integrity, professionalism and fairness.

6. Members should satisfy themselves as to the extent and content of the professional functions required in any particular circumstances, especially those involving the public safety. Members should not undertake professional obligations that they are not qualified, or do not believe themselves to be competent, to carry out.
7. Members should take all reasonable steps to ensure that persons carrying out work done under their supervision or direction are competent, and not under undue pressure from workload or other causes.
8. Members should strive to improve their own professional knowledge, skill and competence.
9. Professional reports, statements, publications or advice produced by members should be based on sound radiation protection principles and science, be accurate to the best of their knowledge and be appropriately attributed.
10. Members should, whenever practicable and appropriate, correct misleading, sensational and unwarranted statements by others concerning radiation and radiation protection.
11. Members should take advantage of opportunities to increase public understanding of radiation protection and of the aims and objectives of IRPA and their own Society.

IRPA. May 2004

Reunión de la Comisión de Actividades Científicas de la SEPR

El pasado 23 de septiembre tuvo lugar en Punta Umbría, Huelva, la cuarta reunión de la Comisión de Actividades Científicas de la SEPR.

Asistieron a la reunión:

Presidente:
D. Rafael Ruiz Cruces.
(Facultad de Medicina.
Universidad de Málaga).

Secretaria:
D^a María Isabel Villanueva.
(CSN).

Miembros de la comisión:
D. Josep Baró Casanovas.
(ACPRO).
D^a Natividad Ferrer García.
(Hospital Ramón y Cajal).
D. Eduardo Gallego
(U. Politécnica de Madrid)
D. Fernando González.
(Tecnatom)
D. Fernando Legarda Ibáñez.
(U. del País Vasco).
D^a María Teresa Macías.
(CSIC).
D^a Marisa Marco
(CIEMAT)
D^a Almudena Real Gallego.
(CIEMAT).
D. Alejandro Úbeda Maeso.
(Hospital Ramón y Cajal).

Excusa su asistencia D^a Rosa Villaroel González-Elipe, miembro de la Comisión y perteneciente a CSN.

Tras la lectura y aprobación del Acta de la reunión anterior, Rafael Ruiz Cruces informó a la Comisión de los temas tratados en la reunión de la Junta Directiva (JD) celebrada el día 20 de septiembre de 2005. De los temas tratados por la JD, aquellos relacionados con la CAC-SEPR fueron:

- La Junta Directiva ha considerado la conveniencia de potenciar un convenio específico en materia de formación con el CSN, el cual estaría enmarcado fuera del contexto del Foro Sanitario de Protección Radiológica, y en el que se tendrá en cuenta la participación de la SEFM.
- La Junta Directiva está considerando la posibilidad de que los congresos de las SEPR y SEFM se efectúen de forma simultánea. A tal efecto se han creado unas Comisiones en la SEPR y la SEFM, para que se encarguen de este tema.
- Se ha decidido elaborar un Libro Blanco sobre el Estado Actual de la Protección Radiológica del Paciente en España.
- Se va a proceder a la traducción al castellano de la publicación ICRP 93.

Natividad Ferrer informó sobre las Jornadas científicas sobre emergencias en el ámbito sa-

nitario, celebradas los días 6 y 7 de Junio de 2005 en las dependencias del Hospital Ramón y Cajal y del Hospital La Paz de Madrid. Dado el éxito que tuvieron las jornadas, se ha decidido repetir las en Barcelona en el año 2006 y en Málaga en el año 2007, con el fin de facilitar la asistencia a profesionales del ámbito hospitalario. Así mismo, se está preparando un monográfico en forma de publicación de la SEPR sobre dichas jornadas.

En lo relativo al Plan de formación de la SEPR, Rafael Ruiz Cruces y Fernando Legarda informaron de las gestiones realizadas en el ámbito universitario para conocer los requisitos necesarios para obtener acreditación pertinente para cursos y jornadas organizadas por la SEPR. Se cotejó en la reunión la idea de poder obtener acreditaciones en las diferentes CCAA, ya que éstas tienen transferidas las competencias desde el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Marisa Marco propone escoger una Comunidad Autónoma como parte de un proyecto piloto y en función de la experiencia tenida pensar en la posibilidad de desarrollar esta gestión en el resto de CCAA. También se propone la posibilidad de que sea la propia SEPR la que se homologue como entidad formadora por parte del Ministerio de Educación y Ciencia y así pueda emitir acreditaciones.

Respecto a la remodelación de las áreas temáticas de la SEPR, se revisó su estado de constitución y funcionamiento. Se acuerda por parte de los miembros de la CAC que en la próxima reunión de esta comisión debe disponerse de la versión definitiva de los miembros que componen todas las áreas temáticas de la SEPR.

En la reunión se elaboró el plan de actividades científicas para el año 2006, del que los socios recibirán información a través de la revista Radioprotección y de la página web de la SEPR (www.sepr.es). Antes de finalizar el año, la CAC deberá presentar la Memoria de Actividades del año 2006 a la Junta Directiva para que sea aprobada.

Por último, Rafael Ruiz Cruces somete a decisión de los miembros presentes la aprobación de la incorporación de D^a Carmen Rueda en esta Comisión, siendo aceptada por unanimidad su incorporación por parte de los mismos.

Rafael Ruiz Cruces
Presidente CAC-SEPR

Área de Dosimetría de la SEPR

La Comisión de actividades científicas de la SEPR ha iniciado una revisión e impulso de las áreas temáticas de la Sociedad. Los objetivos principales de las mismas son:

- Generar conocimiento escrito sobre la materia, con objeto de que pueda servir de apoyo a otros profesionales o incluso que puedan dar lugar a normas UNE/ISO/EN etc.
- Iniciativas sobre actividades científicas.
- Aportaciones científicas a la revista, otras publicaciones y eventos especializados.
- Dar respuesta a las cuestiones planteadas por los socios en el FORO de la página electrónica.
- Colaborar en la relación de la SEPR con el público y los medios de comunicación.

En este sentido el grupo coordinador del área de dosimetría tiene interés en identificar uno o dos temas de mayor interés para el conjunto de miembros de la Sociedad para empezar a trabajar en la línea señalada por los objetivos generales. Con esta finalidad se ha colgado una encuesta en la página web de la SEPR con objeto de conocer la opinión general de los socios.

El grupo de trabajo responsable de impulsar las actividades en el área de dosimetría está formado por:

Mercé Ginjume (INTE-UPC)

Coordinadora del grupo

Isabel Villanueva (CSN)

Miembro de la Comisión de actividades científicas de la SEPR

Marisa España (Hospital Universitario de la Princesa)

Teresa Navarro (CIEMAT)

Ana Romero (CIEMAT)

Paloma Marchena (Tecnatom)

En función de los temas que se seleccionen para el año 2006, se pondrán en contacto con las personas interesadas o expertas nece-

sarias para llevar a cabo las actuaciones consideradas prioritarias.

Muchas gracias por vuestra colaboración.

Integrantes del Área Temática de Dosimetría

El profesor Eduardo Gallego formará parte de un grupo de trabajo de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)



En este nuevo periodo iniciado por la ICRP tras la renovación de gran parte de los integrantes de sus Comités permanentes, el Profesor Eduardo Gallego ha sido invitado a participar en un nuevo Grupo de Trabajo de ICRP creado dentro del Comité 4, que tratará el tema "Application of the Commission's Recommendations for the Protection of Populations Living in Sites and Environments Affected by Radioactive Residues".

Como miembro de dicho Grupo de trabajo, Eduardo Gallego de la Universidad Politécnica de Madrid y miembro de la SEPR, ha sido invitado para preparar un documento sobre la aplicación de las nuevas recomendaciones de la Comisión para la protección de la población en zonas contaminadas como resultado de actividades del pasado y de accidentes nucleares. Eduardo Gallego posee gran experiencia en el tema, al haber participado en proyectos europeos relacionados con esta problemática, como el proyecto MOIRA, y haber trabajado durante años en el análisis de las consecuencias de accidentes nucleares, participando en grupos de trabajo de la NEA sobre el tema.

Comité de Redacción

Jornadas Internacionales de Trabajo: "Modelos de gestión para la participación de los agentes sociales en la toma de decisiones en Protección Radiológica"

Salamanca 16-18 Noviembre 2005

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) en colaboración con la Sociedad Francesa de Radioprotección (SFRP), la Sociedad de Protección Radiológica del Reino Unido (SRP) y la Universidad de Salamanca, ha organizado estas jornadas internacionales de trabajo con el principal objetivo de contribuir al desarrollo y difusión de una cultura de participación de los grupos de interesados en las decisiones que afectan a la protección radiológica. La Universidad de Salamanca ha sido la anfitriona de las jornadas a las que han asistido 66 personas de 8 países y que han contado con el patrocinio del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), ENUSA Industrias Avanzadas y la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA).

A partir de la presentación de casos y experiencias prácticas recientes, las jornadas han proporcionado una oportunidad de debatir, desde una perspectiva práctica, e identificar las necesidades futuras para una mejor participación de los grupos de interesados en la evaluación y gestión de los riesgos radiológicos. La presencia e implicación en las jornadas de representantes de los citados grupos como autoridades nacionales, operadores, expertos, ONGs, autoridades locales, representantes sindicales, profesionales, etc. que han tomado parte directamente en procesos recientes de participación, ha resultado esencial.

Las jornadas de trabajo se estructuraron de manera que permitieran a los participantes mejorar su conocimiento y entendimiento sobre los procesos, metodología y herramientas para la implicación de los grupos de interesados, basándose en la reciente experiencia internacional en los siguientes cuatro

ámbitos de la PR: 1) Regulación de instalaciones operativas, incluyendo el control y vigilancia radiológica ambiental; 2) Emplazamiento, licenciamiento y desmantelamiento de instalaciones; 3) Preparación y gestión de situaciones de emergencia y 4) Recuperación y rehabilitación de lugares y territorios contaminados.

En la inauguración se contó con la presencia del Prof. Francisco Fernández, Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca, D^a Paloma Sendín, Consejera del Consejo de Seguridad Nuclear, D. Jacques Lochar, representante de la SFRP, D^a Anne Nisbet, representante de la SRP y D. José Gutiérrez, Presidente de la SEPR.

Paloma Sendín realizó la presentación introductoria bajo el título de "Acercamiento de la protección radiológica a la sociedad". Dos sesiones de trabajo agruparon la presentación y el debate de los casos prácticos seleccionados, un total de 11 más una presentación especial sobre el proyecto piloto de protección radiológica de Montbéliard, en los ámbitos antes mencionados, contando con los correspondientes moderadores en las personas de Anne Nisbet (HPA, RU), Francisco Fernández (U. Salamanca, España), Jacques Lochar (CEPN, Francia) y Eduardo Gallego (UPM, España).

Finalizadas las dos sesiones de presentación y debate, los participantes se dividieron en cuatro grupos de trabajo. Cada grupo, con un coordinador al frente, discutió sobre todos los temas de las jornadas, bajo una estrategia y metodología de trabajo comunes, centrada en la identificación de problemas, diagnóstico de la situación, perspectivas de actuación bajo diferentes escenarios de aplicación, oportunidades y amenazas esperables y acciones clave a abordar para el proceso de cambio. Los resultados y conclusiones de los grupos de trabajo fueron presentados y debatidos de nuevo en sesión plenaria, moderada por Jorge Lang-Lenton (ENRESA, España), tras la que se pusieron en común las conclusiones provisionales de los grupos de trabajo en una sesión abierta moderada por Leopoldo Arranz

(Hospital Ramón y Cajal, Madrid, España) para la presentación y debate público de las conclusiones generales alcanzadas. Entre ellas se adelantan aquí algunas de las más representativas que tienen que ver con:

- Transparencia de los procesos de decisión en un contexto de democracia participativa
- Apoyo económico como garantía de continuidad de implicación de grupos en el proceso
- Tendencia actual positiva aunque en período de transición bajo diferentes "amenazas"
- Desarrollo de un código de conducta sobre la implicación en el proceso (posible papel de las Sociedades de PR con IRPA)
- Estructuración y regulación del proceso de participación a nivel nacional y europeo

Además, durante las jornadas tuvo lugar una mesa redonda sobre "Perspectiva internacional sobre la participación de grupos interesados en procesos de toma de decisiones", moderada por Juan Carlos Lentijo (CSN, España), en la que participaron Annie Sugier (Comité 4 ICRP), Ted Lazo (NEA/CRPPH), Agustín Alonso (INSAG, OIEA) y Rick Jones (consultor de NEA/CRPPH), realizando diferentes presentaciones de la visión y el estado actual del tema en los diferentes organismos y comités internacionales, y sobre las lecciones extraídas al respecto del caso de Chernóbil, después de 20 años.

La clausura de las jornadas contó con la participación e intervención de representantes de las sociedades de PR organizadoras y de las organizaciones patrocinadoras.

Las jornadas se celebraron en La Hospedería del Colegio Arzobispo Fonseca, construido en el siglo XVIII y completamente renovado. La Hospedería ha proporcionado todos los servicios de un moderno centro de conferencias, dentro de la especial atmósfera de la veterana Universidad de Salamanca. No faltó durante las jornadas la celebración de diferentes actos sociales. Así, el miércoles 16 de no-



Participantes de las Jornadas Internacionales, en Salamanca.

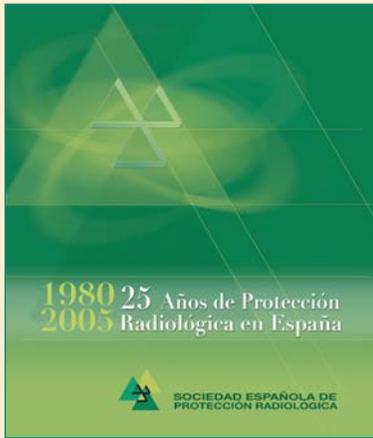
viembre, los participantes fueron recibidos en el Ayuntamiento de Salamanca por el Concejal de Educación, teniendo la posibilidad de disfrutar de una inmejorable vista de la Plaza Mayor de Salamanca desde los balcones del Ayuntamiento. Tras la recepción, se celebró una cena-cóctel en el Restaurante "Bodeguita Casa Paca" donde se pudo disfrutar de la gastronomía de la región. El jueves 17 de noviembre, se realizó un paseo guiado por la ciudad iluminada, antes de asistir al Casino de Salamanca "Palacio de Figueroa" para disfrutar de la cena oficial de las Jornadas, que concluyeron con un cóctel de clausura en la Hospedería Fonseca.

Estas jornadas de trabajo tendrán continuación en los próximos años, por lo que constituyen las primeras de una serie de tres, de las cuales las segundas se celebrarán previsiblemente en Francia y las terceras en el Reino Unido.

Se pretende publicar un trabajo más amplio sobre las jornadas en el próximo número de "Radioprotección".

José Gutiérrez
Presidente de la SERP

Documentos del 25º Aniversario en la sede



Con motivo de la celebración del 25º Aniversario de su fundación, la Sociedad ha publicado el libro "1980-2005. 25 años de Protección Radiológica en España", en el que se hace un recorrido por la historia de la SEPR vista desde la perspectiva de sus presidentes, con referencias a la realidad de España y el mundo en estos 25 años. El libro recoge también un referencia histórica de los congresos, cursos y jornadas organizados por la Sociedad, así como un álbum fotográfico, con imágenes inéditas cedidas por los socios para su reproducción.

También se ha editado el DVD, que reproduce todas las revistas RADIOPROTECCIÓN, desde el número 1 hasta el 44. Los socios que no hayan asistido al X Congreso y deseen tener estos documentos, pueden solicitarlos a la secretaria de la Sociedad.

In memoriam de Manolo Tormo



El pasado día siete de octubre falleció Manuel Tormo Ferrero, Jefe de Inspección de Instalaciones Radiactivas del Consejo de Seguridad Nuclear. La SEPR quiere expresar su gran pesar por la pérdida que su marcha supone no sólo para la protección radiológica en España, sino también para la personas que tuvimos el placer de conocerle y compartir entrañables momentos con Manolo.

Manolo Tormo, licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid, comenzó su carrera profesional en la JEN participando en la constitución y funcionamiento del grupo de Inspección de Instalaciones Radiactivas, tema en el que siguió trabajando desde el Consejo de Seguridad Nuclear en el que comenzó a trabajar en 1983.

Sus compañeros del CSN han escrito una carta entrañable en recuerdo a Manolo, parte de la cual reproducimos a continuación al considerar que no se puede expresar mejor lo que Manolo ha supuesto para todos nosotros como profesionales y como personas.

Escriben sus compañeros

"La continua y extensa labor de Manolo Tormo en la inspección reguladora de las instalaciones radiactivas estuvo siempre orientada a aumentar la concienciación y el compromiso de los titulares con la protección radiológica. Sus conocimientos, experiencia y trato personal dieron casi siempre como resultado un enfoque compartido, pragmático y eficaz de los temas de protección radiológica".

"Siempre dispuesto a ponerte en camino en cualquier época del año. Tus virtudes humanas, tus cualidades profesionales, tu constancia, tu bondad y tu carácter abierto han dejando muchos amigos en todas las ciudades en las que has estado, al igual que en el CSN, tu segunda casa, a la que has dedicado la mayor parte de tu vida y en la que has dejado muchos recuerdos imborrables. Los que tuvimos la ocasión de trabajar contigo siempre te recordaremos y agradecemos habernos podido contar entre tus amigos".

La SEPR quiere transmitir a la familia de Manolo Tormo, a sus compañeros y amigos su pesar por la pérdida de una gran persona y un espléndido profesional.

Sociedad Española de Protección Radiológica



La página web de la SEPR



Se recuerda a todos los Socios que disponen en la página web de un apartado denominado **"Foro para Socios"**, el cual se creó con el objetivo de proporcionar un medio por el que los interesados puedan plantear cuestiones, transferir información o manifestar opiniones sobre temas relacionados con la protección radiológica o con nuestra Sociedad. En la actualidad, a través de este Foro se está solicitando a todos los socios que trabajan en dosimetría de radiaciones que identifiquen aquellos temas que consideren de mayor interés, para que se traten dentro del Área Temática de Dosimetría de la SEPR.

Mención especial merece el apartado **"Empleo"** de la página web, en el que no sólo se pueden consultar ofertas de puestos de trabajo, sino que también permite a todos los interesados incorporar sus ofertas de trabajo en el ámbito de la protección radiológica.

¿Desde que países se visita nuestra web?

A continuación se presenta el resultado del origen del tráfico que ha visitado hasta la fecha la página web de la SEPR. Hay direcciones IP que no se han podido resolver y una parte importante del tráfico tiene como origen dominios ".net", ".com" y ".org", cuyo origen es difícil de discriminar (aunque su base principal suele ser EEUU), por lo que aquí se presenta únicamente el tráfico de dominios con códigos de país. Con estas limitaciones encontramos los siguientes resultados:

El origen principal de las sesiones en la página www.sepr.es es España, aunque seguido muy de cerca por México. Después hay otros países latinoamericanos con un porcentaje de visitas importante como Colombia, Perú o Chile. Brasil es el primer país de habla no hispana en la lista.

Carlos Prieto

Coordinador de la página web de la SEPR

Puesto	País	% de sesiones	Puesto	País	% de sesiones
1	es (España)	33,11%	11	it (Italia)	0,97%
2	mx (México)	26,92%	12	do (Republica Dominicana)	0,94%
3	co (Colombia)	6,48%	13	de (Alemania)	0,92%
4	pe (Perú)	5,89%	14	pt (Portugal)	0,88%
5	ar (Argentina)	5,38%	15	uy (Uruguay)	0,60%
6	cl (Chile)	5,23%	16	gt (Guatemala)	0,54%
7	br (Brasil)	3,10%	17	ec (Ecuador)	0,49%
8	ve (Venezuela)	1,58%	18	uk (Reino Unido)	0,44%
9	bo (Bolivia)	1,13%	19	ni (Nicaragua)	0,39%
10	cr (Costa Rica)	1,09%	20	be (Bélgica)	0,34%

Documentos descargables del X Congreso Nacional de la SEPR

Están a disposición de los socios las presentaciones de las Conferencias Invitadas al X Congreso Nacional de la SEPR, así como la documentación de los Cursos de Refresco. Estos documentos pueden ser descargados en formato PDF en la página web de la SEPR, en la sección PUBLICACIONES - OTRAS PUBLICACIONES - Categoría DOCUMENTOS X CONGRESO NACIONAL SEPR. Es necesario acceder a esta sección identificándose previamente como Socio ya que la descarga de estos documentos está restringida.

Los documentos disponibles en la web son:

Conferencias:

- Implicaciones de las Nuevas Recomendaciones de la ICRP.
Lars-Erik Holm
- Plan Internacional de Acción sobre la Protección Radiológica de los Pacientes.
P. Ortiz
- Lecciones Aprendidas en el OIEA.
Abel J. González

Cursos de refresco:

- Procedimientos indirectos de dosimetría aportados por la industria para radiografía computarizada (CR).
M.L. España López
- Ventajas de los sistemas de dosimetría en tiempo real.
J.M. Fernández Soto
- Dosimetría en Radiología Digital y Recomendaciones Internacionales.
E. Vañó Carruana
- Blindajes en instalaciones de radioterapia.
E. de Sena
- Blindajes en las unidades PET. Cálculo y estrategia.
J.A. Ruiz
- Residuos de centros de investigación y docencia.
M. T. Macías
- Residuos de centros sanitarios.
N. Ferrer
- Generalidades de los residuos radiactivos.
M.T. Ortiz

Comité de Redacción

X Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Huelva 20-23 de septiembre de 2005

Francisco Carrera Magariño
Presidente del Comité Organizador
Juan Pedro Bolívar Raya
Presidente del Comité Científico

SU HISTORIA

El X Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica ya es pasado. Ha llegado el momento del balance, de los agradecimientos y de las reflexiones sobre el esfuerzo añadido y sobre las dificultades encontradas, y para no repetir en el futuro los errores del presente.

No soy la persona más indicada para hablar de este X Congreso. En primer lugar, porque no pude disfrutar de él. Pasé la mayor parte de mi tiempo en la secretaría técnica, así que no sé realmente cómo se desarrollaron las sesiones. Por lo que me dicen, no ha ido del todo mal la cosa. En segundo lugar, siempre cometeré el sesgo de considerar al Congreso como algo mío, y por tanto no creo que pueda ser objetivo. Intentaré por tanto no hacer juicios, dejando estos para otras personas más autorizadas e independientes que yo en este momento.

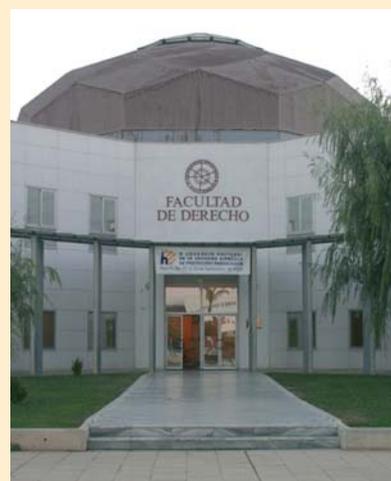
Empezamos con el X Congreso hace casi dos años. La idea de presentar nuestra candidatura fue como consecuencia de la experiencia positiva que obtuvimos tanto el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Huelva como el mío propio, de organizar cursos de supervisores de instalaciones radiactivas conjuntamente.

Como avales contábamos con el apoyo decidido del rectorado, con unas magníficas instalaciones universitarias, que todos habéis podido comprobar, y con nuestra ilusión.

La presentación pública del Congreso se hizo, si recordáis, en el *stand* de la Sociedad Española de Protección Radiológica en el Congreso IRPA11. Ya mostramos ahí la imagen desenfadada que hemos querido mantener hasta el final. Se repartieron ejemplares del primer anuncio entre todos los socios y en el propio *stand*.

Posteriormente hemos estado presentes tanto en la Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española como en el Congreso de la Sociedad Española de Física Médica. Más o menos por Navidad se remitió el segundo anuncio reclamando el envío de resúmenes, y durante el primer semestre se dispuso de tiempo para la entrega de trabajos al Congreso. Todos hemos sufrido la presencia del verano inmediatamente antes de su celebración, y es una experiencia de la que debemos aprender. Por otra parte, septiembre es una época del año agradable en el sur de España. Se trata por tanto del consabido balance riesgo-beneficio.

El flujo de inscripciones supongo que habrá sido como en la mayo-



Facultad de Derecho de la Universidad de Huelva, sede del X Congreso.

ría de los Congresos, al principio lentamente, y cercano a la fecha de comienzo, "una avalancha". A finales de agosto, a menos de un mes del Congreso, teníamos 130 inscritos, lo cual no era una cifra muy alentadora, por mucho que la Junta Directiva intentara entonces quitarle hierro al asunto, con el fin más de tranquilizarme que de otra cosa. Afortunadamente en menos de un mes se obtuvieron 100 inscripciones, llegando a la cifra definitiva de 240 congresistas. Sirva esto para tranquilizar a futuros presidentes: es cierto lo de la avalancha de última hora. Quiero agradecer a todos los



Acto de inauguración del Congreso.

congresistas su presencia, y la paciencia demostrada ante la deficiencia de infraestructuras para el transporte que presenta Huelva. Sin embargo, en contraposición ofrece atractivos naturales y gastronómicos de primer orden.

Aparte de las tres becas que concedió la revista "Radioprotección" como premio a las colaboraciones enviadas para su publicación, el Comité Organizador del Congreso decidió ofrecer la posibilidad de inscripción reducida a personas en situación de desempleo o que estaban cursando la residencia de radiofísica hospitalaria. Esperamos y creemos que esta medida ha ido en favor de la riqueza científica del Congreso, puesto que a nadie se nos escapa que en los becarios universitarios y en los residentes hospitalarios reside mucho del esfuerzo investigador en nuestra disciplina. Queda por ver si su exclusión del programa social, por necesidades estrictamente financieras,

ha sido bien aceptada por los becados.

PARTICIPACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en este momento la participación de las empresas expositoras tanto por su aportación económica, como por el esfuerzo logístico que supone el instalar un stand: Aplicaciones Tecnológicas, Bioterra, Fuji, Ibéricos Lazo, Kodak, Lainsa, Lamse, Nusim, Sakura-Kónica, Spisa, Suministros Garrido y Telvent. También contamos con la presencia del stand del CIEMAT, y de la Sociedad Española de Física Médica.

Mi agradecimiento a la aportación de organismos públicos entre los que destacamos al Consejo de Seguridad Nuclear, Ministerio de Educación y Ciencia (acción complementaria de ENE2004-21477-E/CON, según convocatoria de 2004 de ayudas para la realización de acciones complementarias en el marco de algunos programas nacionales del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007; BOE de 2 de julio de 2004), Junta de Andalucía (según Orden de 18 de septiembre de 2003 por la que se convocan en el marco del III Plan Andaluz de Investigación,

Ayudas a la Investigación en Universidades y Organismos Públicos de Investigación de Andalucía), Universidad de Huelva (subvencionado por el Vicerrectorado de Estudiantes y Extensión Universitaria por Convocatoria para Ayudas de Extensión Universitaria para Actividades del año 2005 y Ayuntamiento de Punta Umbría. Mención especial merece la Universidad, de la que desde el propio rector, pasando por los responsables de las instalaciones del campus, hasta el personal de conserjería de la Facultad de Derecho, que también han puesto su máximo interés en conseguir que el Congreso sea el mejor posible.

Sería largo exponer aquí la relación de patrocinadores que han colaborado con el Congreso. Se acompaña una fotografía donde podéis ver la imagen corporativa de la mayoría de ellas, destacando a ENRESA, GEOCISA, APPLUS, Philips Sistemas Médicos, ENUSA, UNESA, AGFA, y GE Healthcare.



Vista de la exposición.



El presidente del Comité Organizador, atiende a la Prensa.

Es de agradecer especialmente el trabajo de las empresas y profesionales que han actuado como proveedores de servicios para el Congreso como Catering Las Palomas, Aurea Creaciones, Grupo Senda y Fotografía Estudio Gómez y Rodicio. Y en especial, a la Agencia del Congreso, Viajes El Corte Inglés, y a las personas que tan amablemente nos han atendido: Carlos, Juan Antonio, María, Beatriz e Irene.

Agradecer personalmente la desinteresada participación de los comités, tanto organizador como científico. Todos ellos han colaborado en lo que se les ha pedido con eficacia y prontitud. Igualmente la presencia de destacadas personalidades de nuestro ámbito, que ocupan cargos de responsabilidad en instituciones y empresas, y que nos han acompañado en esos días, desempeñando algún papel en la presidencia de las sesiones, o como simples congresistas. Seré injusto al no referirme a todos ellos aquí, pero abusando de su amistad espero que me comprendan. De ningún modo me olvido.



Miembros de honor de la SEPR: Pilar López Franco, Andrés Leal y Agustín Alonso.

Me gustaría destacar el trabajo de nuestros queridos socios Eduardo Gallego y David Cancio, que nos han ayudado inestimablemente en la gestión para conseguir la presencia en nuestro Congreso de los conferenciantes invitados, que no hace falta que nombre aquí, y que todos estaréis de acuerdo que son de primerísimo nivel.

aceptándose unánimemente por todos los socios presentes en la Asamblea. Fue posteriormente durante la cena oficial cuando se les hizo entrega de una placa conmemorativa. Nuestra mejor enhorabuena para ellos con el sentir de compañerismo y amistad.

SOCIOS DE HONOR

Dentro de los actos que han tenido lugar durante la celebración del Congreso tuvo lugar la designación de los nuevos Miembros de Honor de la SEPR, por su reconocida dedicación y vinculación día a día en el campo de la protección radiológica. Durante

ACTO CONMEMORATIVO DE LOS 25 AÑOS

la Asamblea General el presidente de la Sociedad propuso como Miembros de Honor a los tres socios elegidos en esta ocasión, que correspondieron a Pilar López Franco, Agustín Alonso y Andrés Leal,

Qué decir de la conmemoración del 25 aniversario. En primer lugar felicitarnos a todos por estos 25 años de andadura. Con este motivo, un grupo de socios entusiastas y colaboradores han llevado a cabo diferentes actividades conmemorativas, como ha sido la edición por Senda Editorial, del libro titulado "1980-2005. 25 años de Protección Radiológica en España". A lo largo de sus paginas los socios pueden encontrar cronológicamente la historia de nuestra Sociedad, contada por aquellas personas que han ocupado la Presidencia de la misma. La edición de un CD recopilatorio de todas las revistas de "Radioprotección" desde sus orígenes, desde el numero cero (muy pocos socios disponen de él) hasta el ultimo numero editado. Tanto el libro como el CD fue entregado a todos los socios que asistieron al Congreso.

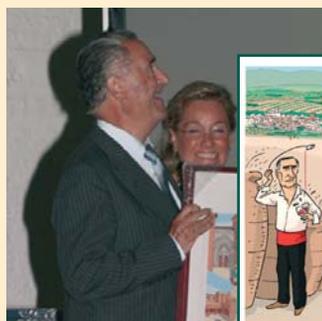


Patrocinadores y colaboradores del X Congreso de la SEPR.

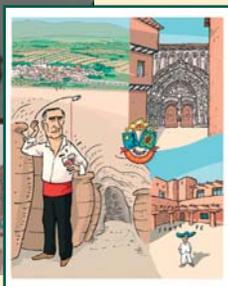
Quizás el acto más "divertido" fue la entrega de un cuadro-caricatura durante la noche del homenaje a las personas que hicieron posible que la

sociedad sea una realidad y goce de excelente salud. Muchos de ellos ya retirados, agradecieron emocionados nuestro detalle, y sus familiares acudie-

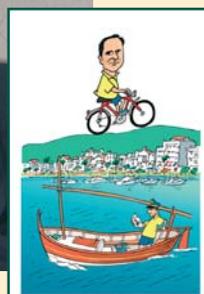
ron a vivir con ellos esos momentos. Creo que pocas decisiones tomadas por la Sociedad habrán sido más justas y acertadas que la celebración de



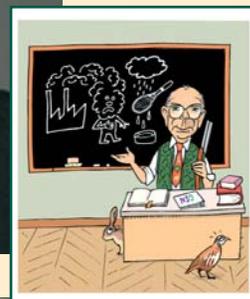
Emilio Iranzo.



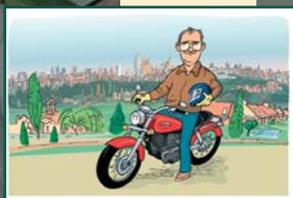
Idefonso Irún.



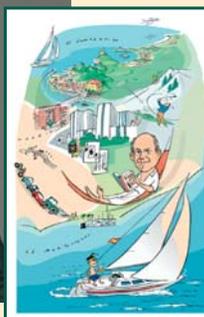
Benjamín Sánchez.



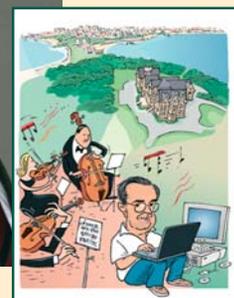
Gustavo López.



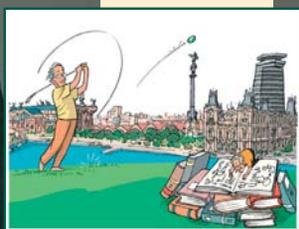
Leopoldo Arranz.



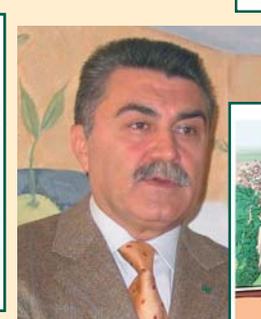
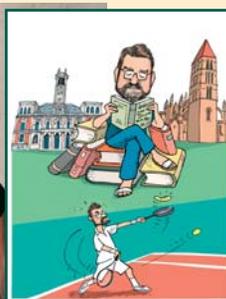
Eduardo Sollet.



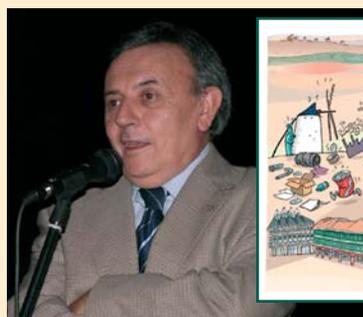
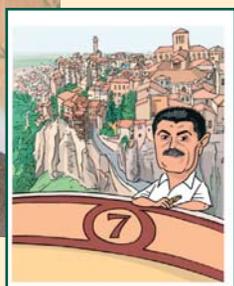
Xavier Ortega.



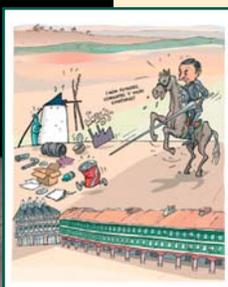
Ignacio Hernando.



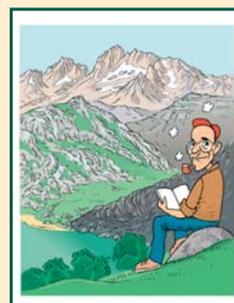
Pedro Carboneras.



José Gutiérrez.



José Vidal.



Rafael Sáez.



Vista general de la cena de gala.

este homenaje. Para colmo, creo que el lugar y el tiempo acompañaron, creando una atmósfera mágica, que todos los presentes pudimos percibir.

REFLEXIONES SOBRE EL PROGRAMA CIENTÍFICO

Por último vaya el agradecimiento al trabajo de los congresistas. La presencia de los meses de verano acortó el tiempo para la confección de los trabajos, añadiendo un gran mérito al esfuerzo realizado. Quiero incluir aquí los comentarios de algunos compañeros que moderaron sesiones de áreas temáticas muy diferentes aportando la experiencia de distintos colectivos de socios.

“La sesión CO-B2, se celebró con una asistencia notable de participantes en el Congreso y en ella se expusieron un total de 8 comunicaciones orales: 3 de ellas en el campo de la Radiactividad Ambiental y las otras 5 en el campo de Dosimetría, Metrología e Instrumentación.

La elevada asistencia a estas sesiones indica, ya de por sí, el interés de los temas tratados en nuestra comunidad científica. A ello hay que unir el hecho de que el nivel de las exposiciones fue bastante elevado, avalando el acierto del Comité Científico en

su elección entre todos los trabajos presentados en los campos cubiertos por esta sesión. Estos campos son ya tradicionales en las jornadas nacionales de la Sociedad y a través de esta sesión quedó patente que en nuestro país la comunidad científica trabajando e investigando en ellos posee una elevada madurez y un nivel internacional.

Un dato a reseñar, es que todos los ponentes realizaron un esfuerzo encomiable para ajustarse al tiempo de

exposición que tenían asignado. Ello permitió que tras la exposición de cada ponencia se realizara un participativo y fructífero debate entre los ponentes y los asistentes a la sesión”.
Rafael García Tenorio

“El día 21 de septiembre se realizó la sesión de trabajos de Protección Radiológica del paciente y de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. En ella se trataron temas de interés referentes a la producción de radiotrazadores, estudios de control de calidad de equipos con recomendaciones de nuevos parámetros de medida, reconstrucciones MC de maniqués de control, análisis de riesgo en programas de cribado



Distintas conferencias y presentaciones del Programa Científico.



Distintos actos del Programa Social.

mamográfico, comparaciones de dosis en equipos digitales y convencionales y estudios de dosis al feto en métodos de detección del embolismo pulmonar. Por la parte de radiobiología se analizaron modelos experimentales de irradiación y desarrollo tumoral y análisis cromosómico de radiólogos intervencionistas.

Todos los trabajos tuvieron un nivel aceptable, bien dentro del avance en el conocimiento de las dosis administradas por los equipos de diagnóstico, de los controles de calidad de equipos o de la radiobiología necesaria para el entendimiento del efecto de dichas dosis, aportando información interesante y aplicable al trabajo cotidiano.

En especial, la sesión se desarrolló con buen nivel de participación y de preguntas a los representantes de los trabajos presentados, lo que demuestra la adecuación de la sesión y su utilidad en la "Protección Radiológica". Diego Burgos.

De ambos textos se destila la satisfacción por el trabajo de los congresistas. He preparado una encuesta con el fin de conocer las opiniones de socios y asistentes al Congreso acerca del desarrollo del mismo (estos últimos), y de cuestiones que deberían ser tenidas

en cuenta por los comités organizadores de los futuros Congresos. Esta encuesta está disponible en www.sepr.es. No sé si habrá dado tiempo a publicar los resultados en este número. En cualquier caso, os ruego que hagáis el esfuerzo de responderla, creo que las conclusiones que se extraigan serán de enorme utilidad para conseguir que nuestros Congresos sean cada vez mejores. Tenéis también en la web de la SEPR el material que consideramos que se puede poner a disposición de todos: posters, cursos de refresco y conferencias plenarios.

PREMIO A LOS MEJORES TRABAJOS

Por primera vez, y por cortesía de la empresa NCA Electromedicina, se entregaron los premios correspondientes al mejor poster y a la mejor comunicación oral. Dichos premios recayeron el primero en el trabajo titulado "Tromboembolismo Pulmonar en pacientes embarazadas: Estimación de dosis al feto con TC Multicorte y gammagrafía de perfusión", firmado por C. Mínguez, M^a Luisa España, A. Floriano, P. Castro, P. Lopez Franco, del Hospital Universitario de La Princesa, y

el segundo a la comunicación oral titulada "Utilización del LIF TLD-600 para dosimetría de campos mixtos neutrón-gamma", firmado por Antonio Delgado Martínez, José Luis Muñoz, José M^a Gómez Ros, Ana M. Romero Gutiérrez, Rafael Rodríguez Jiménez, del Grupo de Dosimetría de la Radiación del CIEMAT. Enhorabuena a ambos grupos de trabajo, y es de esperar que esta sea una práctica que se convierta en tradición, como incentivo a la presentación de trabajos entre los congresistas.

DESPEDIDA Y RECUERDO

No quiero extenderme más. Probablemente habré olvidado personas, instituciones, o hechos que merecían ser resaltados acá. Pido perdón por ello en la seguridad de que nadie se sentirá ofendido. Sólo espero, porque eso era lo que deseaba, que hayáis sentido nuestra hospitalidad, y que hayáis disfrutado lo suficiente para superar el síndrome post-vacacional. Si además el bagaje científico y profesional que hemos aportado ha merecido la pena, podemos decir, entonces sí, que el Congreso ha sido un éxito.

Termino con un emocionado recuerdo para un amigo que no estuvo porque no podía. Me estoy refiriendo a Manolo Tormo, que nos dejó a los pocos días de finalizar el Congreso. Manolo era infalible en su asistencia a los Congresos de la Sociedad. Cuando lo vi en Pamplona, en el mes de junio, en el Congreso de la Sociedad Española de Física Médica, me aseguró que iba a venir. Lo eché de menos, y le echaremos de menos, siempre del brazo de su mujer, repartiendo sonrisas y anécdotas entre los que llevamos mucho menos tiempo de lo que él estuvo y sabemos mucho menos de lo que él sabía, en esto de la Protección Radiológica. Así nos dejó, tranquilo, sonriendo, rodeado de los suyos, ...hasta siempre, Manolo.

Resolución de los Modelos de la ICRP con BIOKMOD: Aplicación a la evaluación de bioensayos

Guillermo Sánchez (gsl@fab.enusa.es)

ENUSA Industrias Avanzadas, S.A.

RESUMEN

Biokmod es un programa desarrollado en Mathematica orientado al análisis compartimental. Resuelve los modelos vigentes de la ICRP. Pueden suponerse distintos tipos de incorporaciones (puntuales, constantes, continuas, múltiples y aleatorias). Permite obtener soluciones analíticas y el usuario puede modificar prácticamente todos los parámetros de los modelos. Una de sus principales aplicaciones es la evaluación de bioensayos, tanto para el establecimiento de programas de vigilancia como para evaluar incorporaciones desconocidas. También puede ser aplicado para evaluar las incertidumbres de los modelos de la ICRP. Existe una versión web del programa (BiokmodWeb) a la que puede accederse en la dirección:
<http://www3.enusa.es/webMathematica/Public/biokmod.html>

ABSTRACT

Biokmod is a tool box developed using Mathematica for solving compartmental models. It gives analytic and numeric solutions. Biokmod solves the current ICRP models including Acute, constant, continuous variable, multi-inputs and random intakes. All parameters (deposition factors, rate transfer coefficients, fractional rate of absorption, etc.) can be modified by users. It can be also applied for evaluating unknown intakes fitting bioassay experimental data and for evaluating uncertainties in the ICRP models. There is a web version (BiokmodWeb) at <http://www3.enusa.es/webMathematica/Public/biokmod.html>. In this article we describe the application of Biokmod for evaluating Bioassays

INTRODUCCIÓN

Los bioensayos (medidas con el contador de radiactividad corporal, tasas diarias de excreción urinaria y/o fecal) se aplican en dosimetría interna para estimar la actividad incorporada por inhalación, ingestión o inyección por personas expuestas a partículas radiactivas. También pueden servir de contraste a otros métodos de estimación como es el que se realiza a partir de medidas de concentraciones ambientales y tiempos de permanencia o tasas de consumo.

Hemos desarrollado un programa, denominado *Biokmod* [1] que preten-

de servir de herramienta integral en la modelización de la incorporación de isótopos en el organismo, con especial aplicación a la evaluación de bioensayos, a lo que nos referiremos en este artículo.

Biokmod incluye la práctica totalidad de los modelos vigentes de la ICRP [2] y contempla, además de las incorporaciones puntuales y crónicas, incorporaciones continuas (variables en el tiempo) e incorporaciones aleatorias. Dispone de funciones que permiten hacer ajustes lineales y no lineales para estimar las incorporaciones y otros parámetros de los modelos. También permite evaluar incertidumbres. El programa

está realizado con *Mathematica* utilizando programación simbólica, lo que permite obtener soluciones analíticas.

Se pueden ejecutar muchas de las funcionalidades de *Biokmod* desde un navegador en el enlace:

<http://www3.enusa.es/webMathematica/Public/biokmod.html>.

MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

En este apartado describimos brevemente alguno de los métodos matemáticos utilizados por *Biomod* para resolver los modelos biocinéticos de la ICRP.

Para modelizar la distribución en el organismo de isótopos radiactivos incorporados por una persona se requiere disponer de un modelo biocinético apropiado. La ICRP utiliza modelos compartimentales con coeficientes de transferencia constantes. En el caso de incorporación puntual en $t = 0$ un sistema compartimental de n compartimentos pueden representarse matemáticamente por el sistema de ecuaciones diferenciales dado por la ecuación

$$\mathbf{q}'(t) = \mathbf{A} \mathbf{q}(t) \quad (1)$$

donde $\mathbf{A} = \mathbf{K} - \lambda \mathbf{I}$, siendo \mathbf{K} la matriz $n \times n$ compartimental construida utilizando los coeficientes de transferencia (constantes), entre compartimentos y entre éstos y el exterior. El vector $\mathbf{q}(t) = \{q_1(t), \dots, q_i(t), \dots, q_n(t)\}$ representa el contenido del isótopo en cada compartimento i en el instante t .

La solución a la ec.(1) está dada por

$$\mathbf{q}(t) = e^{\mathbf{A}t} \mathbf{q}_0 \quad (2)$$

siendo $\mathbf{q}_0 = \{q_1(0), \dots, q_i(0), \dots, q_n(0)\}$ el contenido en cada compartimento i en $t = 0$.

Si suponemos que se producen entradas hacia los compartimentos dadas por $\mathbf{b}(t) = \{b_1(t), \dots, b_i(t), \dots, b_n(t)\}$ entonces

$$\mathbf{q}'(t) = \mathbf{A} \mathbf{q}(t) + \mathbf{b}(t) \quad (3)$$

cuya solución es

$$\mathbf{q}(t) = \mathbf{q}_0 e^{\mathbf{A}t} + \int_0^t \mathbf{b}(\tau) e^{(\mathbf{t}-\tau)\mathbf{A}} d\tau \quad (4)$$

La ec(4) permite resolver analíticamente [3] los modelos vigentes de la ICRP. Conocido $\mathbf{q}(t)$ se puede relacionar la cantidad retenida (en todo el

cuerpo, en el pulmón, etc) o eliminada (tasa de excreción urinaria y fecal) con la incorporada, que es de gran utilidad en la evaluación de bioensayos.

Para ello se suele utilizar la denominada función de retención, $r(t)$, que representa la fracción de la cantidad incorporada que es retenida o excretada. Se obtiene suponiendo en la ec(2) un incorporación única unidad, "1", en $t = 0$. Tiene la siguiente forma [3, 4]:

$$r_m(t) = \sum_{v=1}^l c_v e^{-d_v t} \quad (5)$$

donde:

$m = \{lung: \text{retención pulmonar (sólo para el caso de inhalación)}, tb: \text{retención en todo el cuerpo}, uri: \text{excreción urinaria (acumulado en 24 h)}, fec: \text{excreción fecal (acumulado en 24 h)}, otro: \text{retención en un compartimento u órgano concreto a especificar}\}$. Por simplicidad en la notación en lo que sigue eliminaremos el subíndice m , y adoptaremos el criterio de denominar genéricamente a $r(t)$ función de retención. Los valores numéricos que toma $r(t)$ para distintos valores de t , se conocen como fracciones de retención o excreción o por su acrónimo en inglés IRF (*Intake retention fraction*).

c_v y d_v son coeficientes numéricos que se obtienen en cada caso concreto (isótopo, AMAD, tipo de metabolismo, etc). Normalmente se calculan utilizando en la ec.(2) los valores de los parámetros típicos para individuos estándar, que están normalizadas en distintas ICRP[2], pero si se dispone de valores específicos pueden calcularse utilizando éstos.

Hemos aplicado $r(t)$ a distintos supuestos de incorporación que describimos a continuación.

Incorporación puntual única

En $t = 0$ se produce una incorporación I_0 . La cantidad retenida o excretada $R_p(t)$ trascurrido un tiempo t está dada por

$$R_p(t) = I_0 r(t) \quad (6)$$

Por conveniencia denotaremos a $r(t)$ como $r_A(t)$ cuando nos refiramos a la incorporación puntual.

Incorporación crónica

Durante un periodo T , empezando en $t = 0$, se produce una incorporación total I_T , con una tasa de incorporación diaria $I_d = I_T/T$ constante. La cantidad retenida o excretada $R_{Cr}(t)$ trascurrido un tiempo t desde el inicio de la incorporación se obtiene por la integración de la ec. (6).

$$R_{Cr}(t) = I_d \int_0^t r(t) dt \quad \text{para } t \leq T \quad (7)$$

Tomando $I_d = 1$, obtenemos una función de retención $r_{Cr}(t)$ aplicable al caso de incorporación crónica.

$$r_{Cr}(t) = \int_0^t r(t) dt \quad \text{para } t \leq T \quad (8)$$

Incorporación crónica interrumpida

Consideremos que se produce una incorporación crónica diaria I_d que cesa en $t = T$, entonces la retención o excreción, $R_{Cr}(t)$ para $t > T$ está dada por

$$R_{Cr}(t) = I_d \int_{T-t}^T r(t) dt \quad \text{para } t > T \quad (9)$$



Haciendo $I_d = 1$, obtenemos una función de retención $r_{Crt}(t)$ aplicable a este caso.

$$r_{Crt}(t) = \int_{T-t}^t r(\tau) d\tau \quad \text{para } t > T \quad (10)$$

Incorporación continua variable

Cuando $I(t)$ es una función continua, variable en el tiempo, entonces la retención o excreción, $R_{Cv}(t)$, se obtiene aplicando el teorema de la convolución [3].

$$R_{Cv}(t) = \int_0^t I(\tau) r(t-\tau) d\tau \quad \text{para } t \geq 0 \quad (11)$$

Incorporaciones múltiples

Supongamos que en distintos momentos $\{t_1, \dots, t_i, \dots, t_n\}$ se producen incorporaciones puntuales $\{I_1, \dots, I_i, \dots, I_n\}$, donde los valores de t_i indican el tiempo transcurrido desde el presente hasta el momento en el que se produjo la incorporación I_i . La retención o excreción, $R_M(t)$, viene dada por:

$$R_M(t) = I_1 r(t_1) + I_2 r(t_2) + L + I_n r(t_n) \quad (12)$$

Si I_i corresponde a incorporaciones diarias y t toma valores enteros mayores que la unidad, entonces la ecuación anterior podemos reescribirla como sigue:

$$R_M(t) = I_1 r(t) + I_2 r(t-1) + L + I_n r(1) = \sum_{j=1}^t I_j r(t-j+1) \quad (13)$$

Incorporaciones aleatorias

En muchas situaciones reales, como es el caso de personas ocupacionalmente expuestas a la inhalación de aerosoles radiactivos, se producen incorporaciones puntuales múltiples (en la

práctica las incorporaciones diarias frecuentemente pueden tomarse como puntuales, aunque realmente se produzcan durante un turno de trabajo) en las que las I es una variable aleatoria que procede de una distribución de probabilidad (no necesariamente normal), con media μ_A y desviación estándar σ_A . Entonces, partiendo de la ecuación (13), y teniendo en cuenta que se trata de un sumatorio de muchos valores aleatorios cada uno de los cuales tiene individualmente un valor pequeño [4], por el teorema central del límite se deduce que la retención o excreción, $R_{random}(t)$, con su correspondiente intervalo de confianza, podemos expresarla por:

$$R_{random}(t) = \mu_A \sum_{j=1}^t r(j) \pm z \sigma_A \sqrt{\sum_{j=1}^t r^2(j)} \quad (14)$$

Los valores de μ_A y desviación estándar σ_A pueden ser estimados a partir de datos experimentales. Por ejemplo: Supongamos que un grupo de trabajadores realiza sus actividades habitualmente en una misma área. Se disponen de datos históricos de las incorporaciones diarias $\{I_1, \dots, I_n\}$ de estos trabajadores entonces podemos estimar que las incorporaciones medias y su desviación estándar son:

$$\hat{\mu}_A = \frac{1}{N} \sum_i I_i \quad \hat{\sigma}_A^2 = \frac{1}{N-1} \sum_i (I_i - \hat{\mu}_A)^2$$

z es el cuantil $100(1+\gamma) / 2$ de la distribución normal.

CÁLCULO DE RETENCIONES Y EXCRECIONES CON BIOKMOD

Las funciones descritas se han implementado en la versión actual del programa *Biokmod*. Está desarrollado usando programación simbólica en el

lenguaje de *Mathematica* lo que permite obtener soluciones analíticas y parametrizar los modelos, por ejemplo, resolviendo los modelos dejando los factores de transferencia como parámetros en vez de asignarle valores numéricos. Está formado por un conjunto de subprogramas o *packages* (según denominación usada en *Mathematica*) que se integran en *Mathematica*, que debe estar instalado en el ordenador.

El programa incluye la práctica totalidad de los modelos vigentes de la ICRP [2]. *Biokmod* dispone de un paquete específico [2] con el que el usuario puede construir sus propios modelos que incluye la posibilidad de utilizar coeficientes de transferencia variables en el tiempo.

Asimismo se ha desarrollado una aplicación web, denominada *BiokmodWeb*, que permite acceder a muchas de las funcionalidades de *Biokmod* directamente desde un navegador en el enlace <http://www3.enusa.es/web-Mathematica/Public/biokmod.html>.

BiokmodWeb está programado utilizando *webMathematica* y Java. Desde el punto de vista de la programación *BiokmodWeb* llama a *Biokmod* que se ejecuta en un servidor y devuelve el resultado para su presentación en el navegador. La ventaja de *BiokmodWeb* es que no requiere tener instalado *Biokmod* en el ordenador y su facilidad de uso. El uso directo de *Biokmod* tiene la ventaja de que los resultados obtenidos pueden ser manipulados directamente en el entorno *Mathematica*, además de contener algunas funcionalidades avanzadas no disponibles en *BiokmodWeb*. Tanto *Biokmod* como *BiokmodWeb* incluyen una ayuda bastante completa. También existe la posibilidad de acceder a *Biokmod* utilizando la hoja de cálculo MS Excel.

La forma de introducir los datos de entrada difiere dependiendo si se utiliza *Biokmod* directamente o a través de *BiokmodWeb*. Generalmente en *Biokmod* se escriben las sentencias y en *BiokmodWeb* se utiliza un menú desplegable.

La sentencia utilizada por *Biokmod* para calcular los $R(t)$ y $q(t)$ para los modelos metabólicos de la ICRP se describe a continuación. Por defecto, el programa utiliza los parámetros aplicables al trabajador de referencia. Todas las expresiones y parámetros dependientes de t utilizarán como unidad el día. La información a introducir se refiere a un isótopo concreto. Las descripciones utilizadas están muy resumidas, para una información más detallada consultar la ayuda del programa (el manual completo contiene más de 300 páginas.).

BiokdataReport[Elemento o matriz compartimental, Vía de incorporación, Tipo de incorporación, Presentación de resultados, Cantidad incorporada, AMAD o Factores de deposición inicial (*), Tipo de metabolización o tasas de absorción (*), f_1 , t , λ , opciones] (en la Ilustración 1, se muestra la entrada equivalente utilizada por *Biokmod-Web*)

(*) Sólo aplica si la vía de incorporación es la inhalación.

Donde:

Elemento: Nombre o el símbolo del elemento. Alternativamente puede introducirse la matriz compartimental del elemento [1], esto es útil si se usan factores de transferencia específicos, o si se desea utilizar un modelo nuevo.

λ : Valor de la constante de desintegración radiactiva del isótopo.

The screenshot shows the BiokmodWeb input interface. At the top, there is a dropdown for 'Select ELEMENT:' with 'I' selected, and a text field for ' λ (in days⁻¹):' with 'Log[2]/8.0' entered. Below this is a section for 'Select Intake Way:' with radio buttons for 'Inhalation', 'Ingestion', and 'Injection' (selected). Underneath is 'Select AMAD(only for inhalation):' with a dropdown set to '5' and a text field containing '{AI, bbfastseq, bbslow, BBfastseq, BBslow, ET2, ET1}'. The next section is 'Select CLASS:' with a dropdown set to 'F' and a text field containing '{sp, spt, st}'. Below that is 'f1:' with a text field set to '1'. The 'Select Intake Type:' section has radio buttons for 'Acute', 'Constant Chronic' (selected), 'Multiinputs', and 'Continuous'. There is an 'Intake (Bq or Bq/day):' text field set to '1'. The 'Select output report:' dropdown is set to 'Retention Functions (RF)', and the 'Time:' text field is set to 't'. At the bottom, there is a checkbox for 'Compartment Numbers and Transfer Rates:' which is checked.

Ilustración 1. Entrada en *BiokmodWeb* supuesta una inyección constante de 1 Bq/día de iodo-131. Para el iodo $f1 = 1$ (en el caso de la inyección este parámetro no incluye en el resultado, pues no hay flujo a través del tracto GI). La entrada equivalente en *Biokmod* es **BiokdataReport** [Iodine, "Injection", "Constant", "Automatic", 1, 1, t, Log[2]/8.0]

Vía de incorporación.- Se elige "Inyección", "Ingestion" o "Inhalation", se refiere a si la incorporación se produce por inyección, ingestión o inhalación.

AMAD (Activity Median Aerodynamic Diameter).- Se introduce el valor del AMAD que se desea usar. El programa utiliza por defecto los factores de deposición estándar para el trabajador de referencia [5]. El usuario puede optar por utilizar valores no estándares escribiéndolos directamente.

Tipo de metabolización.- Se elige: F, M o S y el programa, por defecto, utilizará las fracciones de absorción estándar [5]. El usuario puede optar por utilizar valores no estándares escribiéndolos directamente.

f_1 .- Fracción que pasa del tracto gastrointestinal (compartimento SI) a la sangre [2, 7] (Este valor no aplica en el caso de inyección salvo en el caso de algunos elementos). El usuario puede optar por escribirlos directamente o, en *BiokmodWeb*, aceptar el valor que por defecto ofrece el programa.

Tipo de incorporación.- Elegir "Acute", "Constant", "ConstantCeased", "Continuous" o "Multiinputs" que corresponde respectivamente a los casos de incorporación puntual, crónica, crónica interrumpida, continua, o múltiple.

Cantidad incorporada.- Se utilizará la misma unidad en la que se desea obtener los resultados (normalmente Bq). El formato de entrada depende del Tipo de incorporación elegida: (i) Incorporación puntual, se introduce el valor de I_0 (cantidad incorporada en $t = 0$); (ii) Constante, se introduce el valor de I_d ; (tasa de incorporación diaria) (iii) Crónica interrumpida, se escribe $\{I_d, T\}$ (I_d es la tasa de incorporación diaria durante el periodo T , a partir del cual cesa la incorporación); (iv) Continua, se escribe $\{I(t), t\}$ siendo $I(t)$, la función de incorporación (ej.: $0.3 \text{ Exp}[-0.02 t]$). (v) Múltiples, se escribirá $\{\{I_0, 1\}, \{I_1, t_1\}, \dots, \{I_i, t_i\}, \dots, \{I_n, t_n\}\}$, donde I_i corresponde a la actividad incorporada el día t_i , donde $t = 0$ corresponde al momento en el que se produce la incorporación inicial I_0 .

Opciones.- El usuario puede variar los parámetros del tracto respiratorio y del tracto intestinal.

Presentación de resultados.- Se le indicará al programa el formato y el tipo de información que se desea. Las opciones disponibles son: (i) "Retention Functions" (o "Automatic"), es la usada por defecto; muestra las expresiones analíticas de $R(t)$ para las retenciones y excreciones; (ii) "IRD (Retention Fraction)" que muestra en una tabla

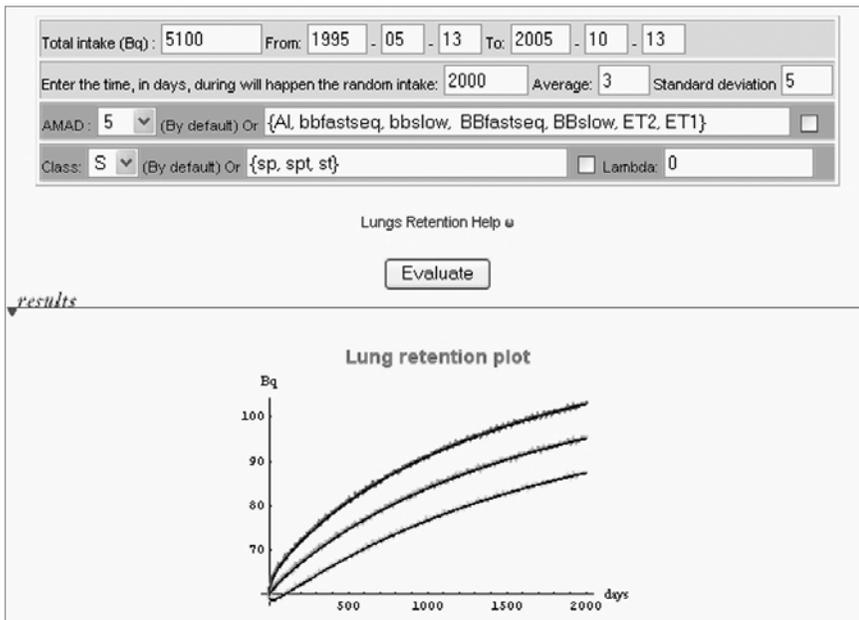


Ilustración 2. Entrada y solución obtenida correspondiente a una incorporación aleatoria por inhalación de aerosoles clase S y AMAD 5. La tabla con los datos numéricos no se muestra por razones de espacio.

los valores que toma $R(t)$ para la retención pulmonar (sólo en el caso de inhalación) y en todo el cuerpo y para las excreciones urinaria y fecal; (iii) "GraphicsReport" muestra la misma información gráficamente; "CompartmentContent" da las expresiones de $q(t)$, es decir la función de retención en cada compartimento; "Disintegrations" da las desintegraciones totales en cada compartimento en un periodo de 50 años.

Adicionalmente el programa tiene la opción de mostrar los valores de los coeficientes de transferencia utilizados en los cálculos realizados.

Para el caso de incorporaciones aleatorias existe una entrada específica donde se le indica al programa: las incorporaciones previas al inicio de las incorporaciones aleatorias (si es que éstas se desean considerar), la incorporación media diaria y su desviación estándar durante el periodo que se produce la incorporaciones aleatorias. Además el usuario tiene la posibilidad de elegir que algunos días de la sema-

na no haya incorporaciones. Por ejemplo: Si se indica al programa que los trabajadores descansan dos días por semana, en la ec(14) el programa toma $I_j = 0$ para $j = 7k$ y $j = 7k-1$, $k = \{1, 2, \dots\}$. La presentación de resultados se realiza de forma numérica y gráfica e incluye los intervalos de confianza (Ilustración 2).

Validación

Se han comparado los resultados numéricos proporcionados por *Biokmod* para las funciones de retención de distintos isótopos con los incluidos en las tablas de la ICRP 78 [6] presentándose una coincidencia total. Sólo se ha podido contrastar los casos de incorporación puntual pues son los tabulados en la ICRP 78, no obstante, como se ha visto, los casos no puntuales toman como base la incorporación puntual. Las expresiones analíticas no se han podido comparar con otros programas pues no conocemos ninguno que las dé con el alcance de *Biokmod*.

ESTIMACIÓN DE INCORPORACIONES DESCONOCIDAS A PARTIR DE RESULTADOS DE BIODIAGNÓSTICOS

Una de las utilidades de los bioensayos es su aplicación para estimar la cantidad total incorporada I (cuando es desconocida) por un individuo a partir de los resultados de los bioensayos. En un caso ideal de incorporación puntual en el que el resultado m del bioensayo tuviese una incertidumbre de medida despreciable, el momento t de la incorporación y las características del isótopo incorporado (forma química, AMAD, etc.) fuesen conocidos, y la biocinética del elemento incorporado respondiese al individuo estándar (es decir, $r(t)$ representase al comportamiento real del isótopo), entonces $m = R_p(t)$. Para conocer I bastaría despejar I en (6), obteniendo $I = m/r(t)$. Sin embargo la realidad no es así de fácil como lo demuestra los ejercicios de intercomparación donde casos idénticos evaluados por distintos grupos de expertos llegan a valores enormemente discrepantes [7].

Las medidas de los bioensayos tienen incertidumbres que en muchos casos son muy importantes. Las características de los isótopos incorporados se estiman, por ejemplo: en casos de incorporación por inhalación es frecuente asumir conocido el AMAD. Los modelos biocinéticos son sólo aproximaciones que, en algunas circunstancias, pueden estar muy alejadas de la realidad. Todo esto hace que las evaluaciones de I a través de bioensayos contengan en la mayoría de los casos importantes incertidumbres. Veamos alguna de las posibilidades de *Biokmod* para tratar de minimizar estas incertidumbres.

Estimación de la actividad incorporada considerando las incertidumbres en las medidas de los bioensayos

Un criterio habitualmente utilizado en la evaluación de bioensayos es suponer que las únicas incertidumbres son de los resultados de los bioensayos (medidas experimentales), y asumir que el resto de los parámetros son conocidos y sus incertidumbres son despreciables.

Para estos casos, la incorporación I_0 , en el caso puntual, o I_d si es crónica o crónica interrumpida) y su correspondiente incertidumbre, son calculadas por *Biokmod* utilizando la siguiente ecuación (basada en método descrito por Skrabale [8])

$$\hat{I} = \frac{\sum_{i=1}^N r_c(t_i) \frac{m_i}{u_i^2}}{\sum_{i=1}^N \frac{r_c^2(t_i)}{u_i^2}} \quad \text{y} \quad u_1 = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{r_c^2(t_i)}{u_i^2}}} \quad (15)$$

donde

t_i : Tiempo transcurrido, en días, desde que se produjo la incorporación I_0 (caso de incorporación puntual) o (en otros casos) desde el inicio de las incorporaciones hasta que se realiza la medida i .

m_i e u_i : Resultado de la medida (bien-sayo) i y su incertidumbre asociada (todas las incertidumbres deben estar expresadas con el mismo nivel de confianza).

$r_c(t_i)$, con $C = \{A \text{ (Puntual) o } Cr \text{ (Crónica) o } Cri \text{ (Crónica interrumpida)}\}$: Función de retención asociada a la medida m_i del bioensayo.

La ecuación (15) no requiere que todos los ensayos sean del mismo tipo, por ejemplo, unas medidas pueden corresponder a medidas con el contador y otras a medidas de excreción urina-

ria. El nivel de confianza de u_i es el mismo que el de m_i .

Estimación de la actividad incorporada considerando las incertidumbres en las medidas de los bioensayos y en otros parámetros

Consideremos el caso en el que además de la incorporación I se suponen otro u otros parámetros $\{k_1, \dots, k_r\}$ desconocidos, como puede ser el AMAD. *Biokmod* los estima minimizando la siguiente expresión (basado en la minimización de χ^2):

$$\text{Min} \left[\sum_{i=1}^N \frac{(I r_c(t_i, \dots, k_1, \dots, k_r) - m_i)^2}{u_i^2} \right], \quad (16)$$

Restricciones:

$$I > 0, \quad k_1(\text{min}) \leq k_1 \leq k_1(\text{max}), \dots, k_r(\text{min}) \leq k_r \leq k_r(\text{max})$$

ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRES EN LOS PARÁMETROS DE LOS MODELOS DE LA ICRP

Los modelos de la ICRP incluyen numerosos factores que generalmente se asumen como constantes conocidas, como son los coeficientes de transferencia o los factores de solubilidad, cuando realmente se trata de estimaciones que tienen sus incertidumbres. Hay algunas publicaciones con estudios sobre su influencia en los modelos, la gran mayoría se basan en simulaciones. *Biokmod* ofrece la posibilidad, matemáticamente elegante y rigurosa, de evaluar las incertidumbres analíticamente utilizando el siguiente método.

Consideremos una función de retención $r(t)$ determinada expresada en función de ciertos parámetros $\{k_1, \dots, k_r\}$ que sabemos tienen respectivamente

unas incertidumbres $u(k_1), \dots, u(k_r)$. Queremos determinar la incertidumbre combinada, $u_c(t)$, esto es:

$$r(t) = f(t, k_1, \dots, k_r) \pm u_c(t) \quad (17)$$

Tomando los términos de primer orden del desarrollo de la serie de Taylor de $f(t, k_1, \dots, k_r)$ y asumiendo que los k_i son independientes entre sí, se obtiene

$$u_c^2(r(t)) = \sum_{i=1}^r \left(\frac{\partial f}{\partial k_i} \right)^2 u^2(k_i) \quad (18)$$

El mismo método puede aplicarse para valorar las incertidumbres de los $q(t)$.

APLICACIONES

Ejemplo 1.- Se desea obtener las funciones que den la cantidad retenida y excretada por un adulto varón sometido a una incorporación constante diaria $I_d = 1$, vía inyección, de yodo 131 (período de semidesintegración 8.0 días).

Los datos anteriores se han introducido en el programa, según se muestra en la Ilustración 1. El resultado obtenido es el siguiente:

$$\text{qDailyUrine}[t] \text{ (excreción urinaria acumulada en 24 h)} _ 0.651062 + 2832.23 e^{-12.0866 t} - 4.7758 e^{-2.85919 t} + 0.0115183 e^{-0.14679 t} - 0.0169427 e^{-0.0929673 t},$$

$$\text{qDailyFaecal}[t] \text{ (excreción fecal acumulada en 24 h)} _ 0.00179458 - 0.0000219226 e^{2.85919 t} + 0.0000917765 e^{-1.88664 t} - 0.000178939 e^{-1.08664 t} + 0.0044078 e^{-0.14679 t} - 0.00609379 e^{-0.0929673 t},$$

$$\text{qWholebody}[t1] \text{ (retenido en todo el cuerpo)} _ 3.67544 + 0.0174019 e^{-12.0866 t} - 0.318403 e^{-2.85919 t} + 0.0000181748 e^{-1.88664 t} - 0.000104138 e^{-1.08664 t} + 0.256902 e^{-0.14679 t} - 3.63125 e^{-0.0929673 t}$$



Ejemplo 2.- Un trabajador ha sido trasladado con fecha 2005-10-13 a un área de trabajo con riesgo de inhalación de aerosoles de UO_2 (tipo S y $AMAD = 5 \mu m$), en la que experimentalmente se ha determinado que existe un riesgo de incorporación diario de $\hat{\mu}_i = 3.3$ BqU y desviación estándar $\hat{\sigma}_i = 5.1$ BqU. Con anterioridad ha estado expuesto de forma crónica a la inhalación de aerosoles, con características similares, en el periodo que va de 1995-05-13 a 2005-10-13 durante el cual se estima inhaló 5.100 Bq. A efectos de programar las inspecciones con un contador de radiactividad pulmonar (CRP) se desea estimar la retención pulmonar prevista. Se sabe que la actividad mínima detectable (AMD) del contador para uranio de estas características es 100 BqU.

La ilustración 2 muestra la forma de introducir estos datos en *BiokmodWeb* y la gráfica con la solución obtenida. Se observa que la AMD del CRP no se alcanzará hasta al menos dentro de 1.700 días.

Conocida la incorporación, la dosis efectiva se obtiene multiplicando ésta por el factor de conversión a dosis (FCD), que para aerosoles con las características indicadas es $6.66 \cdot 10^{-3}$ mSv/Bq [4].

Ejemplo 3.- Un trabajador ha inhalado accidentalmente Cs-137. Se desconoce la actividad inhalada I_0 y el $AMAD$ de los aerosoles, para evaluarlas se ha sometido a medidas de cuerpo entero y análisis de excreción urinaria. Los resultados obtenidos han sido los siguientes (Se aplica el siguiente formato: {día después de la incorporación, medida, incertidumbre de la medida}):

Medidas de cuerpo entero (Bq): {{5, 2925, 9}, {25, 2495, 6}, {50, 2132,

{, 8}, {90, 1667, 10}, {120, 13767, 10}, {300, 439, 5}, {500, 127, 8}}.

Medidas de excreción urinaria (Bq/día): {{2, 83, 3}, {7, 27, 2}, {18, 7, 2}, {50, 4, 2}, {90, 3, 2}}.

El resultado obtenido con *Biokmod* es: $I_0 = 6.678$ Bq, $AMAD = 4.6$. Estos valores están próximos a los subyacentes (Los resultados de los análisis han sido generados aleatoriamente suponiendo un valor medio $I_0 = 7.000$ Bq y $AMAD = 5$).

DISCUSIÓN

Los programas de cálculo disponibles, como *Biokmod*, hacen que hoy no sea problemática la resolución de modelos compartimentales como los utilizados por la ICRP.

Las dificultades mayores de la dosimetría interna tienen que ver con la enorme cantidad de parámetros, desconocidos o con importantes incertidumbres, que intervienen en la aplicación de los modelos a condiciones reales. De hecho, en condiciones normales, donde las incorporaciones son pequeñas, las incertidumbres asociadas a la estimación de las incorporaciones con bioensayos son enormes. Su principal interés es la aplicación a condiciones de accidente donde se haya podido incorporar cantidades importantes. Aún en estos casos se requiere una evaluación experta con métodos de cálculo adecuados, como es *Biokmod*. También puede ser útil la realización de bioensayos, y su evaluación, en casos de incorporaciones por miembros del público en situaciones de accidente o por haber estado expuesto de forma natural a altas concentraciones de radionucleidos.

La reducción sistemática en las incorporaciones de personal profesionalmente expuesto, como ocurre en la Fa-

brica de Juzbado, muestra que cuando existe un buen control y limitación a lo incorporado los bioensayos rutinarios no tienen gran utilidad. Así se ha comprobado que en el caso de la Fábrica de Juzbado, con los datos de las actividades incorporadas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos, es poco previsible que se supere la AMD del CRP, salvo incorporaciones accidentales. Así lo corrobora la experiencia de 20 años de campañas de medidas en el CRP de los trabajadores de la Fábrica de Juzbado en los que nunca se ha excedido la AMD del CRP.

Sí serían útiles en caso de incorporación accidental.

REFERENCIAS

[1] Sánchez G., *Biokmod: A Mathematica toolbox for modeling Biokinetic Systems*. *Mathematica and Research* Vol.10 No.2; 2005.

[2] International Commission on Radiological Protection. ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public. Version 2.0.1 (CD-ROM), Oxford: Pergamon Press; (ICRP); 2001.

[3] Sánchez G, López-Fidalgo J, *Mathematical techniques for solving analytically large compartmental systems*, *Health Phys.* 85:184-193 (2003).

[4] López-Fidalgo J. Sánchez G. *Statistical Criteria To Establish Bioassay Programs*, *Health Phys.* 89:334-338 (2005).

[5] International Commission on Radiological Protection, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection ICRP Publication 66. Oxford: Pergamon Press; 1994.

[6] International Commission on Radiological Protection, Individual monitoring for internal exposure of workers. ICRP Publication 78. Oxford: Pergamon Press; 1997.

[7] Doerfel H. EULEP/EURADOS Feedback: 3rd European Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment. Proceedings of 3rd European ALARA Network Workshop. Munich 1999

[8] Skrable KW, French CS, Chabot GE; Tries M, La Bone M. *Variance Models for estimating intakes from repetitive bioassay measurements*. Chapter 5 in: Both WE, ed. *Practical applications of internal dosimetry*; Madison, WI; Medical Physics Publishing; 2002.

La Técnica de Pintado Cromosómico mediante FISH en Dosimetría Biológica: Evolución y Aplicabilidad

M. Oteo y A. Real

Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes. CIEMAT

RESUMEN

La capacidad de la radiación ionizante para producir aberraciones cromosómicas ha sido utilizada desde hace décadas para estimar las dosis recibidas por personas tras exposiciones accidentales, dando origen a la disciplina de dosimetría biológica. Ésta es un complemento de los métodos físicos de dosimetría y en situaciones en las que éstos no están disponibles puede ser la única alternativa para estimar las dosis recibidas.

Durante décadas la dosimetría biológica se ha valido del recuento de dicéntricos para estimar la dosis, ya que existe una buena correlación entre los valores obtenidos tras irradiación in vitro e in vivo y su frecuencia basal es baja. Sin embargo, la frecuencia de dicéntricos disminuye con el tiempo post-irradiación. Las aberraciones de tipo translocación o inserción, son estables y no decaen en sucesivos ciclos de división celular. El desarrollo a finales de los 80 de la técnica de FISH (Fluorescence In Situ Hybridization), supuso un gran avance en la utilidad del recuento de translocaciones para dosimetría biológica.

En este trabajo se presenta una revisión de la técnica de pintado cromosómico mediante FISH, describiéndose las cuestiones que han tenido que ser consensuadas para permitir su uso rutinario en dosimetría biológica, así como aquellos aspectos que requerirán seguir siendo investigados en el futuro.

ABSTRACT

The capacity of ionising radiation to induce chromosomal aberrations has been used during decades to assess doses in persons accidentally exposed, giving rise to the discipline Biological Dosimetry. The Biological Dosimetry is a complement to the physical methods of dosimetry and in the situations where those are not available represent the only way to assess the doses received.

During decades biological dosimetry has used the dicentric score to determine doses, since a good correlation between in vitro and in vivo irradiation results exist's and the background yields are low. However, dicentrics yield decrease with time after irradiation. The translocations and insertions represent stable aberrations what means that they do not decrease in further cell divisions. The development at the end of the 80's of the FISH technique (Fluorescence In Situ Hybridization), represented a great step for the applicability of translocations score for biological dosimetry.

In this paper, a review of the FISH chromosome painting technique is presented, addressing the facts that have needed to be solve before its routine use in retrospective dosimetry, as well as the aspects that will need further research in the near future.

INTRODUCCIÓN

Existen numerosas evidencias de que el daño producido por la radiación en la molécula de ADN es el que tiene una mayor trascendencia biológica, al

ser la molécula que contiene la información necesaria para un normal funcionamiento de la célula y porque se transmite a la descendencia. Cuando la célula detecta la presencia de una

lesión en el ADN pone en marcha los mecanismos de reparación, cuya eficacia dependerá de la gravedad del daño radioinducido. Así, en el caso de lesiones complejas del tipo roturas de



doble cadena, estos mecanismos celulares no siempre son capaces de reparar el daño radioinducido y éste se convierte en una alteración a nivel del cromosoma.

El estudio de la inducción de aberraciones cromosómicas por radiación ionizante tiene más de 70 años de historia. Las aberraciones cromosómicas son un parámetro biológico muy sensible, que refleja el efecto de la reparación errónea de daños en el ADN inducidos por la radiación. Las aberraciones cromosómicas radioinducidas se clasifican en: (1) aberraciones inestables, que incluyen principalmente dicéntricos, fragmentos acéntricos y anillos y (2) aberraciones estables, de tipo translocaciones e inserciones.

La capacidad de la radiación para producir aberraciones cromosómicas ha sido empleada desde hace décadas para estimar dosis en personas que han sufrido una exposición accidental a radiación, dando origen a la disciplina conocida como dosimetría biológica. La dosimetría biológica proporciona un complemento de los métodos físicos de dosimetría y en aquellos casos en los que éstos no están disponibles los métodos citogenéticos pueden ser la única alternativa para cuantificar la dosis.

A principios de los años 60 se utilizaron por primera vez linfocitos humanos de sangre periférica para, a través del análisis de aberraciones cromosómicas, estimar la dosis de radiación que habían recibido los afectados por el incidente "Recuplex" ocurrido en Hanford, EE.UU. [1]. En la actualidad, y tras más de 40 años de investigación sobre el tema, se dispone de mucha información sobre la inducción de dicéntricos por radiación. Los dicéntricos se

producen casi exclusivamente por radiación y su recuento permite detectar de forma inequívoca dosis equivalentes individuales, tras exposiciones de cuerpo entero, de alrededor de 100 mGy de rayos X o gamma. La sensibilidad del método está gobernada por la baja incidencia de fondo de dicéntricos (1 en 1.000 células) y por la estadística de las muestras (N^2 de metafases analizadas por muestra). Para exposiciones no-homogéneas, es necesario aplicar correcciones a la dosis estimada a partir del recuento de dicéntricos.

A pesar de las ventajas del análisis de dicéntricos, no hay que olvidar que su recuento es laborioso y requiere una amplia experiencia por parte del investigador que lo realiza. Eso ha hecho que se estudie la viabilidad de otro tipo de aberraciones cromosómicas con fines dosimétricos, como es el caso de los micronúcleos (MN). Los MN aparecen como pequeños núcleos en el citoplasma, adicionalmente al núcleo principal de la célula, haciendo que su recuento sea más rápido que el de dicéntricos y requiera menos destreza. Diversos estudios han puesto de manifiesto que el análisis de MN podría ser un complemento muy valioso al análisis de dicéntricos a la hora de estimar exposiciones a radiación en grandes poblaciones [2-6].

Una característica tanto de los dicéntricos como de los MN es su inestabilidad, lo que hace que los linfocitos que portan este tipo de aberraciones sean eliminados con el tiempo (vida media entre 5 y 36 meses). Por tanto no son adecuados para estimar dosis tras exposiciones crónicas durante periodos prolongados y pueden llevar a subestimar la dosis recibida por una persona

si el análisis se realiza a tiempos largos post-irradiación.

El desarrollo de diversos métodos de bandedo cromosómico permitió cuantificar aberraciones del tipo translocación o inversión, que son inherentemente más estables a lo largo de las divisiones celulares y por tanto son más adecuadas para estimar dosis recibidas con mucha anterioridad o tras exposiciones crónicas prolongadas [7]. El análisis de bandas en los cromosomas es un proceso muy lento lo que llevó a que durante muchos años se siguiera usando el recuento de dicéntricos para estimar dosis.

El desarrollo a finales de los años 80 de la técnica de hibridación in situ con fluorescencia, más conocida por sus siglas en inglés FISH, supuso un gran avance para los estudios de aberraciones estables, al permitir identificar translocaciones de forma tan sencilla como en el caso de dicéntricos [8]. Desde que en 1992 se comenzó a aplicar la técnica de FISH para pintar cromosomas completos, se ha avanzado mucho en el conocimiento de los tipos de translocaciones inducidas por radiación ionizante y su aplicabilidad en dosimetría biológica (Figura 1).

Sin embargo, la euforia de análisis rápidos y relativamente sencillos desatada inicialmente por el desarrollo de la técnica de pintado cromosómico con FISH, dio paso a reconocer que debían resolverse diversas cuestiones relacionadas con la técnica antes de que pudiera utilizarse de forma rutinaria en dosimetría biológica. Estas cuestiones incluían el tipo de aberración a cuantificar o el número de cromosomas que debían ser pintados. Además, se observó que la frecuencia de translocaciones no necesariamente era constante en el tiempo y que ésta aumentaba

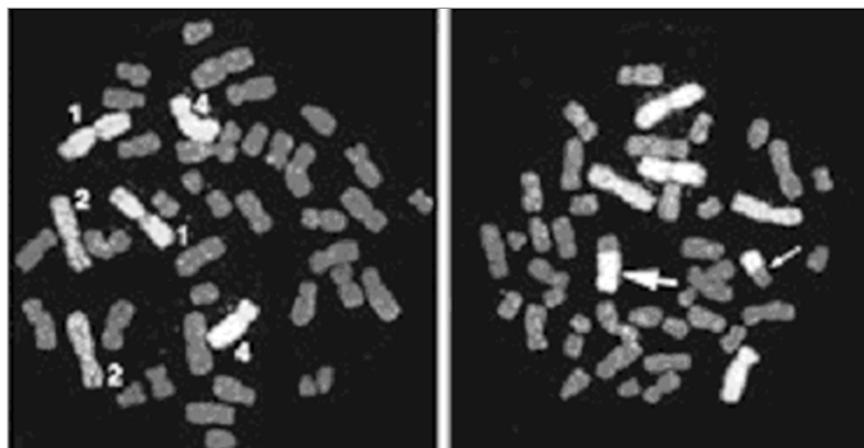


Figura 1. Imagen de metafase normal (izquierda) y con translocaciones (derecha) obtenida por la técnica de pintado cromosómico mediante FISH.

en sujetos de más edad y podían verse afectados por múltiples variables (estado de salud, hábito de fumar, etc.).

En este trabajo se presenta una revisión de la evolución seguida por la técnica de pintado cromosómico con FISH y su aplicación en dosimetría biológica.

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE PINTADO CROMOSÓMICO MEDIANTE FISH EN DOSIMETRÍA BIOLÓGICA RETROSPECTIVA

Como se ha comentado anteriormente, a pesar de la euforia desatada por el desarrollo de la técnica de pintado cromosómico mediante FISH, hubo que resolver diversas cuestiones para poder utilizarla rutinariamente en dosimetría retrospectiva. A continuación se describen aquellos aspectos que recibieron mayor atención en el pasado y que requieren seguir siendo investigados en el futuro.

Selección de los cromosomas a marcar con fluorescencia.

La técnica de pintado cromosómico mediante FISH se puede realizar utili-

zando bien una única sonda, pintando 1 cromosoma específico, o una combinación de sondas para pintar diversos cromosomas. Cuando se utilizan combinaciones de sondas, los cromosomas pueden pintarse usando únicamente un fluorocromo (FISH de un color) o diferentes fluorocromos (FISH multicolor).

En dosimetría biológica lo más comúnmente utilizado es una combinación de sondas para pintar 3 cromosomas largos que típicamente representan cerca del 20% del genoma total de la célula. Los resultados obtenidos para este porcentaje del genoma han de extrapolarse a todo el genoma, no sólo para poder comparar los resultados obtenidos para diferentes combinaciones de cromosomas, sino también para poder comparar los datos de translocaciones con los de dicéntricos (referidos a todo el genoma). Para realizar dicha extrapolación se asume que la probabilidad de que un cromosoma esté implicado en un intercambio concreto es proporcional a su contenido de ADN.

La extrapolación de los resultados obtenidos en un porcentaje del genoma, a todo el genoma celular se realiza

mediante la fórmula publicada por Lucas y col. [9].

$$F_G = \frac{F_P}{2,05f_p(1-f_p)} \quad (1)$$

donde F_G es la frecuencia de translocaciones en todo el genoma; F_P la frecuencia de translocaciones calculada por FISH para un porcentaje del genoma, y f_p la fracción del genoma pintada.

Diversos estudios han mostrado que la probabilidad de que un determinado cromosoma esté implicado en un intercambio no es proporcional a su contenido en ADN [10]. Así pues, considerando posibles variaciones en la sensibilidad de cromosomas específicos lo aconsejable es que un laboratorio use la misma combinación de sondas (es decir que pinte los mismos cromosomas) tanto para la construcción de las curvas de calibración como para la posterior estimación de dosis en individuos expuestos.

El uso de la técnica FISH con un solo color parece ser suficiente para la mayoría de las aplicaciones dosimétricas, en particular para exposiciones a dosis bajas de radiaciones de baja transferencia lineal de energía (LET). Si hay indicios de exposición a dosis altas o a radiaciones de alta LET, es más recomendable una aproximación multicolor la cual permite la detección precisa de intercambios complejos (que resulten de 3 o más roturas en 2 o más cromosomas) y facilita la detección de pseudosimples, es decir aberraciones que aún siendo el resultado de más de dos roturas, aparecen como un intercambio simple cuando únicamente se pinta un cromosoma.



Tipo de translocaciones a analizar. Nomenclatura.

Las aberraciones cromosómicas de tipo translocación consisten en el intercambio de dos fragmentos de cromosomas no homólogos. Para poder discriminar de forma precisa entre translocaciones y dicéntricos es imprescindible, además de pintar los cromosomas seleccionados, utilizar simultáneamente una sonda pancentromérica, que marque el centrómero de todos los cromosomas.

Las translocaciones pueden ser recíprocas o no-recíprocas (Figura 2). Las primeras son las más frecuentes y consisten en que un fragmento de un cromosoma se intercambia con otro de un cromosoma no homólogo, de forma que se producen simultáneamente dos cromosomas portadores de translocación. En las translocaciones no recíprocas sólo tiene lugar el intercambio del fragmento cromosómico en una dirección, sin que recíprocamente se traspase otro, y por tanto se trata de cambios incompletos que no perduran en el tiempo. Hay que tener en cuenta que en ocasiones lo que se consideran cambios incompletos pueden ser en realidad translocaciones terminales en las que el trozo de cromosoma que se ha intercambiado es tan pequeño que no se detecta, llevando en estos casos a que se subestime el número de translocaciones recíprocas que han tenido lugar. Esto puede evitarse utilizando sondas teloméricas, es decir sondas que hibridan con el ADN de los extremos de los cromosomas [11]. A pesar de que inicialmente se describió que los cambios incompletos podían suponer el 40% de las translocaciones, en la actualidad los datos disponibles sugieren que éstos sólo representan alrededor del 5% [12-14].

Las inserciones son producto de una delección intersticial y su subsiguiente inserción en un cromosoma o región cromosómica distinta. Estas aberraciones son características de intercambios complejos [15], en su mayoría producidos tras exposición a radiación de alta LET. El desarrollo de técnicas de FISH que permiten pintar cada par cromosómico con un color diferente (m-FISH, SKY y COBRA) ha permitido en los últimos años avanzar en el conocimiento de las aberraciones complejas [16-18].

Para dosimetría retrospectiva lo más adecuado parece ser el recuento de translocaciones recíprocas que son las más estables en el tiempo. Tanto las

aberraciones no-recíprocas como las complejas causan inestabilidad genética y decaen con el tiempo [19-21].

No se puede realizar un análisis comprensivo de las aberraciones cromosómicas utilizando los criterios de nomenclatura empleados en citogenética clásica, debido a la complejidad de las aberraciones que pueden detectarse con FISH. Así, teniendo en cuenta los requerimientos específicos del análisis de aberraciones mediante la técnica de pintado con FISH, se han desarrollado dos sistemas de nomenclatura:

- PAINT (Protocol for Aberration Identification and Nomenclature Terminology), diseñado para permitir una

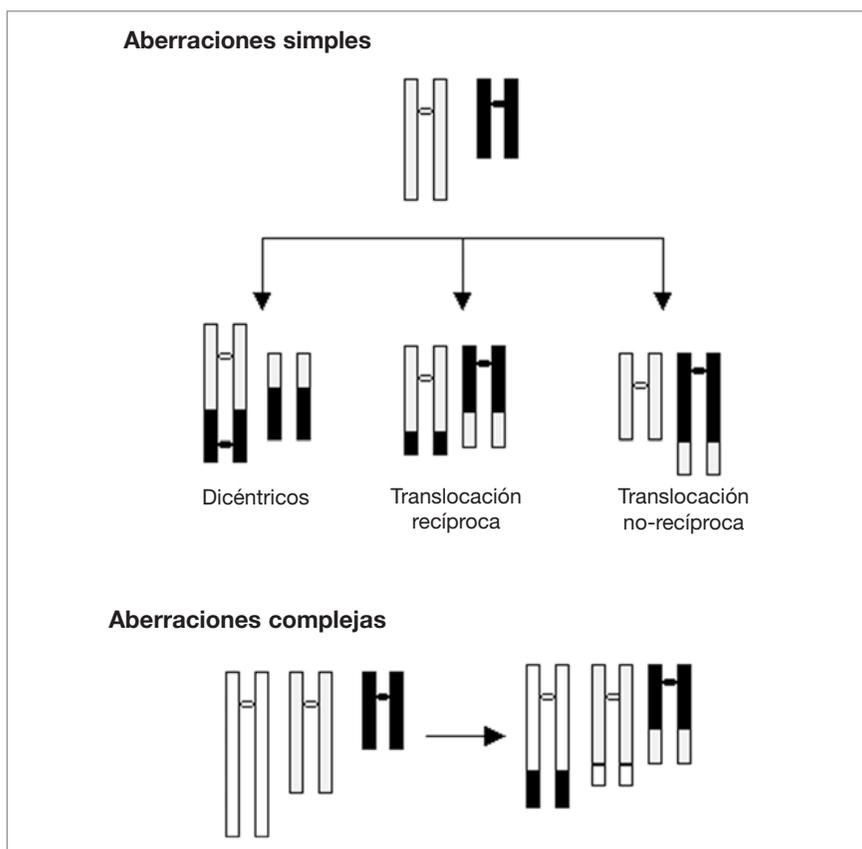


Figura 2. Esquema de los principales tipos de aberraciones cromosómicas que pueden inducirse tras exposición a radiación ionizante.

descripción simple y fiable de cualquier patrón de cromosoma aberrante pintado, en sí mismo. Puede utilizarse tanto para FISH de un color como multicolor [22].

- S&S, diseñado para una interpretación mecánica del origen de las aberraciones al considerar cada intercambio en todas sus partes como una entidad. Este sistema sólo puede aplicarse a cromosomas únicos o cuando se usan cócteles multicolor [23].

La aplicación de ambos sistemas para dosimetría biológica, evaluada en estudios comparativos, ha llevado a concluir que lo más apropiado es la aplicación de la nomenclatura S&S o del sistema PAINT modificado [24] de tal manera que permita la descripción de cada intercambio considerando todas sus partes como una entidad, en lugar de considerar dichas partes de forma separada. No hay que olvidar, que el sistema S&S está restringido a análisis de cromosomas únicos o con cócteles multicolor.

Frecuencia de translocaciones en la población general.

En comparación con el nivel basal de dicéntricos (1-2 en 1.000 células), los valores de translocaciones determinados mediante FISH en la población general son considerablemente mayores (2-10 en 1.000 células; para un grupo de edades de entre 9 y 71 años). Además, la frecuencia basal de translocaciones está fuertemente influenciada por la edad de la persona, aumentando con la edad. Los datos disponibles muestran un valor medio de translocaciones de 6,1 en 1.000 células para mayores de 40 años, y de 3,0 en 1.000 células para menores de 40

años. No existe consenso sobre la relación entre frecuencia de translocaciones y edad de los individuos. Así, se ha descrito que esta relación puede ser lineal-cuadrática [25]; cuadrática [26] o cúbica [27].

Existen resultados contradictorios en cuanto a la relación entre el hábito de fumar y la frecuencia de translocaciones [27-29]. Asimismo, se dispone de poca información sobre como otros hábitos de vida pueden influir en la frecuencia de translocaciones.

La frecuencia basal de translocaciones muestra considerables variaciones entre individuos, debido fundamentalmente a la influencia de la edad. Dicha variabilidad hace que éste no sea un parámetro adecuado para realizar dosimetría personal pero sí dosimetría de poblaciones, al disponerse de valores medios de translocaciones en poblaciones control [30-32].

En relación con la sensibilidad del método para estimar dosis, el alto nivel basal de translocaciones en la población general hace que las dosis individuales que pueden estimarse de forma inequívoca sean mayores que en el caso de análisis de dicéntricos. Se considera que el límite de detección de la técnica de translocaciones está en 500 mGy para una persona de 50 años, disminuyendo para personas más jóvenes [33, 34].

Relación dosis-respuesta

Para poder estimar las dosis recibidas por personas en situaciones accidentales mediante análisis citogenéticos, es imprescindible disponer de las curvas dosis-respuesta tras exposición in vitro a los distintos tipos de radiación [35]. En los últimos años se han realizado numerosas curvas de cali-

bración dosis-efecto, utilizando la técnica de pintado cromosómico para detectar translocaciones [10]. Se ha observado que dichas curvas se ajustan a un modelo lineal cuadrático, al igual que los dicéntricos:

$$Y = C + \alpha D + \beta D^2 \quad (2)$$

donde Y es la frecuencia de dicéntricos; C es la frecuencia basal de dicéntricos; D es la dosis; α y β son los coeficientes lineal y cuadrático, respectivamente.

El término α es predominante a dosis bajas (< 1Gy) y el β a dosis superiores a 1Gy. El factor α varía según la calidad de la radiación, siendo mayor para radiaciones de alta LET. En exposiciones crónicas a dosis bajas las curvas dosis-efecto siguen un modelo lineal, ya que la contribución del coeficiente β es muy pequeña [36].

Estabilidad en el tiempo

Diversos estudios han mostrado que las translocaciones inducidas por radiación son estables, persistiendo en el tiempo tras la irradiación [37-39], mientras que otros estudios han mostrado resultados de un claro descenso en la frecuencia de translocaciones en el tiempo [34, 40, 41]. Clarificar esta cuestión es de gran relevancia ya que va a condicionar la aplicabilidad de la técnica FISH en dosimetría retrospectiva.

De la gran cantidad de estudios realizados se deduce que el decaimiento de la frecuencia de translocaciones con el tiempo va a depender por un lado de la dosis de radiación recibida [34, 42-45] y por otro del tipo de translocación analizada [46-51].



Se ha visto que el descenso con el tiempo afecta principalmente a las translocaciones no-recíprocas, mientras que las translocaciones recíprocas son más estables. Los intercambios complejos son los que más rápidamente disminuyen con el tiempo, por lo que no se aconseja su inclusión en los recuentos de translocaciones. Así, se ha descrito que la frecuencia de translocaciones estables permanece constante en el tiempo tras irradiaciones crónicas de hasta 3 Gy o irradiaciones agudas de hasta 1 Gy, siempre y cuando la irradiación sea de cuerpo entero. Respecto a las irradiaciones parciales, la información disponible sugiere que la técnica de FISH tendrá una utilidad limitada para la estimación retrospectiva de la dosis.

Automatización

La detección automática de las aberraciones sería de gran valor para realizar dosimetría biológica de forma más objetiva y más efectiva con relación al coste. Sería de particular interés el análisis automatizado de las aberraciones cromosómicas [52-54].

La detección asistida de las aberraciones podría ser tan simple como identificar células en las que el número de puntos de color fuera diferente del número normal esperado, tal y como ocurre cada vez que un cromosoma pintado se rompe. Análisis automatizados más rigurosos podrían incluir la identificación de células con cromosomas que tuvieran indicadores de "empalme/mezcla" de colores indicadores de un reordenamiento entre cromosomas teñidos con diferente color.

Una aproximación más sofisticada implicaría la clasificación de los tipos de aberraciones, por ejemplo en dicéntricos o translocaciones. No es rea-

lista esperar que un ordenador clasifique de forma correcta todas las aberraciones, pero si se podría tener un sistema que localizara cada una de las "células anómalas", creando un registro de esa imagen para su posterior confirmación por parte del experto. Esto reduciría de forma significativa el tiempo dedicado por el investigador, ya que únicamente tendría que comprobar posibles células anómalas para su correcta clasificación.

La instrumentación no sólo aumentaría la velocidad con el que las células son analizadas y por tanto reduciría costes, también podría ser utilizada para mejorar las estadísticas del conteo, al aumentarse el número de células por muestra analizado. Esto permitiría reducir las dosis mínimas que pueden estimarse y mejorar el conocimiento de la influencia que parámetros como dieta, hábito de fumar, edad, género y genotipo tienen en la frecuencia de aberraciones.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la técnica de pintado cromosómico mediante FISH despertó grandes expectativas en cuanto a su aplicación para estimar dosis en personas que habían sufrido una exposición accidental a radiación hace muchos años o de forma crónica por largos periodos de tiempo. Sin embargo, ha sido necesario llegar a un consenso en diversas cuestiones relacionadas con la técnica antes de poder utilizarla de forma rutinaria en dosimetría biológica. En la actualidad se dispone de bastante información sobre como manejar las distintas variables que intervienen en esta metodología, si bien algunos aspectos requerirán más investigación en los próximos años para su esclarecimiento.

El uso de la técnica de pintado cromosómico mediante FISH utilizando un solo color parece suficiente para estimar dosis bajas de radiaciones de baja LET. La mayoría de los laboratorios utilizan una combinación de sondas para pintar 3 cromosomas largos (cerca del 20% del genoma celular), extrapolando posteriormente los datos de translocaciones obtenidos a todo el genoma celular. Teniendo en cuenta que pueden existir variaciones de sensibilidad entre diferentes cromosomas, se aconseja que un laboratorio use la misma combinación de sondas tanto para la construcción de las curvas de calibración, como para la posterior estimación de dosis en individuos expuestos.

Si existen indicios de exposición a dosis altas o a radiaciones de alta LET, se recomienda el uso de FISH multicolor, el cual permite la detección precisa de intercambios complejos, más frecuentes tras este tipo de exposiciones.

La información disponible sugiere que para dosimetría retrospectiva lo más adecuado es el recuento de translocaciones recíprocas, que son más estables en el tiempo.

De los sistemas de nomenclatura desarrollados considerando los requerimientos específicos del análisis de aberraciones mediante pintado con FISH, los más apropiados son el S&S, restringido a análisis de cromosomas únicos o cuando se usan cócteles multicolor, o el sistema PAINT modificado.

La frecuencia de translocaciones determinada mediante FISH en la población general es considerablemente mayor que la de dicéntricos y se ve fuertemente influenciada por la edad del individuo. No se dispone de demasiados datos sobre como diferentes hábitos de vida pueden influir en la frecuencia de translocaciones, por lo que será necesario realizar más estudios

en el futuro. Debido, fundamentalmente a la influencia de la edad, la frecuencia basal de translocaciones muestra considerables variaciones entre individuos. Dicha variabilidad hace que la frecuencia de translocaciones no sea un parámetro muy adecuado para llevar a cabo dosimetría personal. Sin embargo, si resulta adecuado para dosimetría de poblaciones ya que se dispone de valores medios de translocaciones en poblaciones control, de utilidad en estos casos.

En relación con la sensibilidad del método de estimación de dosis, el alto nivel basal de translocaciones en la población general hace que las dosis individuales que pueden estimarse de forma inequívoca sean de alrededor de 500 mSv, en comparación con dosis de 100 mSv que pueden ser estimadas mediante análisis de dicéntricos.

Respecto a la estabilidad en el tiempo de las translocaciones, si bien diversos estudios han mostrado que la frecuencia de translocaciones permanece constante con el tiempo post-irradiación, otra serie de estudios describe un descenso en la frecuencia de translocaciones con el tiempo. La información disponible apunta a que el decaimiento de la frecuencia de translocaciones con el tiempo va a depender por un lado de la dosis de radiación recibida y por otro del tipo de translocación analizada.

Se ha visto que el descenso con el tiempo afecta principalmente a las translocaciones no-recíprocas y a los intercambios complejos, mientras que las translocaciones recíprocas son más estables. Así, se ha descrito que la frecuencia de translocaciones estables permanece constante en el tiempo tras irradiaciones crónicas de hasta 3 Gy o irradiaciones agudas de hasta 1 Gy, siempre y cuando la irradiación sea de cuerpo entero. Respecto a las irradiaciones

parciales, la información disponible sugiere que la técnica de FISH tendrá una utilidad limitada para la estimación retrospectiva de la dosis.

Por último hay que resaltar la importancia que la detección automática de las translocaciones tendría en dosimetría biológica. La automatización no sólo aumentaría la velocidad con la que las células son analizadas y por tanto reduciría costes, también podría ser utilizada para mejorar las estadísticas del conteo permitiendo que se contaran más células por muestra. Esto llevaría a reducir las dosis mínimas detectables e incluso podría permitir establecer mejores asociaciones entre número de aberraciones, efectos sobre la salud, dieta, hábito de fumar, edad, género y genotipo.

REFERENCIAS

1. Bender M.A. y Gooch P.C. Somatic chromosome aberrations induced by human whole-body irradiation: the "Recuplex" critically accident. *Rad. Res.* 29:568-582; 1966.
2. Fenech M. y Morley AA. Cytokinesis-block micronucleus method in lymphocytes: Effect of in vivo ageing and low dose x-irradiation. *Mut. Res.* 161: 193-198; 1986.
3. Huber R., Braselman H., Bauchinger M. Screening for interindividual differences in radiosensitivity by means of the micronucleus assay in human lymphocytes. *Radiat. Environ. Biophys.* 28: 113-120; 1988.
4. Prosser J.S., Moquet J.E., Lloyd D.C., Edwards A.A. Radiation induction of micronuclei in human lymphocytes. *Mut. Res.* 199: 37-45; 1988.
5. Fenech M., Holland N., Chang W.P., Zeiger E., Bonassi S. The human micronucleus project. An international collaborative study on the use of the micronucleus technique for measuring DNA damage in humans. *Mut. Res.* 428: 271-283; 1999.
6. Thierens H., de Ruyck K., Vral A., de Gelder V., Whitehouse C.A., Tawn E.J., Boesman I. Cytogenetic biodosimetry on an accidental exposure of a radiological worker using multiple assays. *Rad. Prot. Dos.* 113(4): 408-414; 2005.
7. Carrano A., Minkler J., Piluso D. On the fate of stable chromosomal aberrations. *Mut. Res.* 30: 153-156; 1975.
8. Pinkel D., Landegent J., Collins C., Fuscoe J., Segraves R., Lucas J., Gray J. Fluorescence

in situ hybridisation with human chromosome-specific libraries: Detection of trisomy 21 and translocations of chromosome 4. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85: 9138-9142; 1988.

9. Lucas J.N., Awa A., Straume T., Poggensee M., Kodama Y., Nakano M., Ohtaki K., Weier H.U., Pinkel D., Gray J., Littlefield G. Rapid translocation frequency analysis in humans decades after exposure to ionizing radiation. *Int. J. Radiat. Biol.* 62(1): 53-63; 1992.

10. Cigarrán Valea S. Sensibilidad cromosómica y dosimetría biológica con técnicas de FISH. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona; 2002.

11. Boei J.J.W.A. y Natarajan A.T. Combined use of chromosome painting and telomere detection to analyse radiation-induced chromosomal aberrations in mouse splenocytes. *Int. J. Rad. Biol.* 73: 125-133; 1998.

12. Boei J.J., Vermeulen S., Fomina J., Natarajan A.T. Detection of incomplete exchanges and interstitial fragments in X-irradiated human lymphocytes using a telomeric PNA probe. *Int. J. Radiat. Biol.* 73(6): 599-603; 1998.

13. Fomina J., Darroudi F., Boei J.J.W.A., Natarajan A.T. Discrimination between complete and incomplete chromosome exchanges in x-irradiated human lymphocytes using FISH with pan-centromeric and chromosome specific DNA probes in combination with telomeric DNA probes. *Int. J. Rad. Biol.* 76: 807-813; 2000.

14. Natarajan A.T. y Boei J.J.W.A. Formation of chromosome aberrations: insights from FISH. *Mut. Res.* 544: 299-304; 2003.

15. Anderson R.M., Tsepken V.V., Gasteva G.N., Molokanov A.A., Sevan'kaev A.V., Godhead D.T. mFISH analysis reveals complexity of chromosome aberrations in individuals occupationally exposed to internal plutonium: a pilot study to assess the relevance of complex aberrations as biomarkers of exposure to high-LET alpha particles. *Radiat. Res.* 163(1): 26-35; 2005.

16. Speicher M.R., Ballard S.G., Ward D.C. Karyotyping human chromosomes by combinatorial multi-fluor FISH. *Nat. Genet.* 12: 368-375; 1996.

17. Schröck E., du Manoir S., Veldman T., Schoell B., Weinberg J., Ferguson-Smith M.A., Ning Y., Ledbetter D.H., Bar-Am I., Soenksen D., Garini Y., Ried T. Multicolor spectral karyotyping of human chromosomes. *Science* 273: 494-497; 1996.

18. Tanke H.J., Weigant J., van Gijlewijk R.P.M., Bezrookove V., Pattenier H., Heeterbrij R.J., Talman E.G., Raop A.K., Vrolijk J. New strategy for multi-colour fluorescence in situ hybridization COBRA: combined binary ratio labelling. *Eur. J. Hum. Genet.* 7: 2-11; 1999.

19. Moquet J., Edwards A., Lloyd D., Hone P. The use of FISH chromosome painting for assessment of old doses of ionising radiation. *Rad. Prot. Dos.* 88: 27-33; 2000.



20. Sorokine-Durm I., Durand V., Delbos M., Baron L., Roy L., Voisin P.A. French view of FISH painting as a biodosimeter. *Radiat. Prot. Dosim.* 88: 35-44; 2000.
21. Rodríguez P., Montoro A., Barquinero J.F., Caballin M.R., Villaescusa I., Barrios L. Analysis of translocations in stable cells and their implications in retrospective biological dosimetry. *Radiat. Res.* 162(1): 31-8; 2004.
22. Tucker J.D., Morgan W.F., Awa A.A., Bauchinger M., Blakey D., Cornforth M.N., Littlefield L.G., Natarajan A.T., Shasserre C. A proposed system for scoring structural aberrations detected by chromosome painting. *Cytogenet. Cell Genet.* 68(3-4): 211-21; 1995.
23. Savage J.R. y Simpson P.J. FISH painting patterns resulting from complex exchanges. *Mutat. Res.* 312(1): 51-60; 1994.
24. Knehr S., Zitzelsberger H., Bauchinger M. FISH-based analysis of radiation-induced chromosomal aberrations using different nomenclature systems. *Int. J. Radiat. Biol.* 73(2): 135-41; 1998.
25. Lucas J.N., Deng W., Moore D., Hill F., Wade M., Lewis A., Sailes F., Kramer C., Hsieh A., Galvan N. Background ionizing radiation plays a minor role in the production of chromosome translocations in a control population. *Int. J. Radiat. Biol.* 75(7): 819-27; 1999.
26. Tucker J.D., Lee D.A., Ramsey M.J., Briner J., Olsen L., Moore D.H. 2nd. On the frequency of chromosome exchanges in a control population measured by chromosome painting. *Mutat. Res.* 313(2-3): 193-202; 1994.
27. Ramsey M.J., Moore D.H., Briner J.F., Lee D.A., Olssen L.A., Senft J.R., Tucker J.D. The effects of age and lifestyle factors on the accumulation of cytogenetic damage as measured by chromosome painting. *Mutat. Res.* 338: 95-106; 1995.
28. Tawn E.J. y Whitehouse C.A. Frequencies of chromosome aberrations in a control population determined by G banding. *Mutat. Res.* 490: 171-177; 2001.
29. Tawn E.J., Whitehouse C.A., Tarone R.E. FISH chromosome aberration analysis on retired radiation workers from the Sellafield nuclear facility. *Radiat. Res.* 162(3): 249-256; 2004.
30. Snigiryova G., Braselmann H., Salassidis K., Shevchenkos V., Bauchinger M. Retrospective biodosimetry of Chernobyl clean-up workers using chromosome painting and conventional chromosome analysis. *Int. J. Radiat. Biol.* 71: 119-127; 1997.
31. Bauchinger M., Schmid E., Braselmann H. Cytogenetic evaluation of occupational exposure to external gamma-rays and internal ^{241}Am contamination. *Mutat. Res.* 395(2-3): 173-8; 1997.
32. Littlefield L.G., McFee A.F., Salomaa S.I., Tucker J.D., Inskip P.D., Sayer A.M., Lindholm C., Makinen S., Mustonen R., Sorensen K., Tekkel M., Veidebaum T., Auvinen A., Boice J.D. Jr. Do recorded doses overestimate true doses received by Chernobyl cleanup workers? Results of cytogenetic analyses of Estonian workers by fluorescence in situ hybridization. *Radiat. Res.* 150(2): 237-49; 1998.
33. Granan F., Darroudi F., Auvinen A., Ehrenberg L., Hakulien T., Natarajan A.T. Retrospective dose estimates in Estonian Chernobyl clean-up workers by means of FISH. *Mutat. Res.* 369: 7-12; 1996.
34. Natarajan A.T., Santos S.J., Darroudi F., Hadjidikova V., Vermeulen S., Chatterjee S., Berg M., Grigorova M., Sakamoto-Hojo E.T., Granath F., Ramalho A.T., Curado M.P. ^{137}Cs induced chromosome aberrations analyzed by fluorescence in situ hybridization: eight years follow up of the Goiania radiation accident victims. *Mutat. Res.* 400(1-2): 299-312; 1998.
35. Beninson D., Lloyd D.C., Natarajan A.T., Obe G., Preston R.J., Sasaki M.S. Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment. Technical Reports Series no.260 (Vienna:IAEA); 1986
36. Hsieh W.A., Lucas J.N., Hwang J.J., Chan C.C., Chang W.P. Biodosimetry using chromosomal translocations measured by FISH in a population chronically exposed to low dose-rate ^{60}Co gamma-irradiation. *Int. J. Radiat. Biol.* 77(7): 797-804; 2001
37. Lucas J.N., Chen A.M., Sachs R.K. Theoretical predictions on the equality of radiation-produced dicentrics and translocations detected by chromosome painting. *Int. J. Radiat. Biol.* 69(2): 145-53; 1996.
38. Stephan G. y Pressl S. Chromosome aberrations in human lymphocytes analysed by fluorescence in situ hybridization after in vitro irradiation, and in radiation workers, 11 years after an accidental radiation exposure. *Int. J. Radiat. Biol.* 71(3): 293-9; 1997.
39. Lloyd D.C., Moquet J.E., Oram S., Edwards A.A., Lucas J.N. Accidental intake of tritiated water: a cytogenetic follow-up case on translocation stability and dose reconstruction. *Int. J. Radiat. Biol.* 73(5): 543-7; 1998.
40. Tucker J.D., Tawn E.J., Holdsworth D., Morris S., Langlois R., Ramsey M.J., Kato P., Boice J.D. Jr, Tarone R.E., Jensen R.H. Biological dosimetry of radiation workers at the Sellafield nuclear facility. *Radiat. Res.* 148(3): 216-26; 1997.
41. Matsumoto K., Ramsey M.J., Nelson D.O., Tucker J.D. Persistence of radiation-induced translocations in human peripheral blood determined by chromosome painting. *Radiat. Res.* 149(6): 602-13; 1998.
42. Hande M.P. y Natarajan A.T. Induction and persistence of cytogenetic damage in mouse splenocytes following whole-body X-irradiation analysed by fluorescence in situ hybridization. IV. Dose response. *Int. J. Radiat. Biol.* 74(4): 441-8; 1998.
43. Spruill M.D., Nelson D.O., Ramsey M.J., Nath J., Tucker J.D. Lifetime persistence and clonality of chromosome aberrations in the peripheral blood of mice acutely exposed to ionizing radiation. *Radiat. Res.* 153(1): 110-21; 2000.
44. Camparoto M.L., Ramalho A.T., Natarajan A.T., Curado M.P., Sakamoto-Hojo E.T. Translocation analysis by the FISH-painting method for retrospective dose reconstruction in individuals exposed to ionizing radiation 10 years after exposure. *Mutat. Res.* 530(1-2): 1-7; 2003.
45. Sevan'kaev A.V., Lloyd D.C., Edwards A.A., Khvostunov I.K., Mikhailova G.F., Golub E.V., Shepel N.N., Nadejina N.M., Galstian I.A., Yu V., Nugis L., Barrios M., Caballin R., Barquinero J.F. A cytogenetic follow-up of some highly irradiated victims of the Chernobyl accident. *Radiat. Prot. Dosimetry* 113: 152-161; 2005.
46. Guerrero-Carbajal Y.C., Moquet J.E., Edwards A.A., Lloyd D.C. The Persistence of FISH Translocations for Retrospective Biological Dosimetry after Simulated Whole or Partial Body Irradiation. *Radiat. Prot. Dosimetry* 76: 159-168; 1998.
47. Finnon P., Moquet J.E., Edwards A.A., Lloyd D.C. The ^{60}Co gamma ray dose-response for chromosomal aberrations in human lymphocytes analysed by FISH; applicability to biological dosimetry. *Int. J. Radiat. Biol.* 75(10): 1215-22; 1999.
48. Bauchinger M., Schmid E., Braselmann H. Time-course of translocation and dicentric frequencies in a radiation accident case. *Int. J. Radiat. Biol.* 77(5):553-7; 2001.
49. Lindholm C., Romm H., Stephan G., Schmid E., Moquet J., Edwards A. Intercomparison of translocation and dicentric frequencies between laboratories in a follow-up of the radiological accident in Estonia. *Int. J. Radiat. Biol.* 78(10): 883-90; 2002.
50. Duran A., Barquinero J.F., Caballin M.R., Ribas M., Puig P., Egozcue J., Barrios L. Suitability of FISH painting techniques for the detection of partial-body irradiations for biological dosimetry. *Radiat. Res.* 157(4): 461-468; 2002.
51. Lindholm C. y Edwards A. Long-term persistence of translocations in stable lymphocytes from victims of a radiological accident. *Int. J. Radiat. Biol.* 280(8): 559-66; 2004.
52. Vrolijk J., Sloos W.C., Darroudi F., Natarajan A.T., Tanke H.J. A system for fluorescence metaphase finding and scoring of chromosomal translocations visualized by in situ hybridization. *Int. J. Radiat. Biol.* 66(3): 287-95; 1994.
53. Huber R., Kulka U., Lorch T., Braselmann H., Bauchinger M. Automated metaphase finding: an assessment of the efficiency of the METAFER2 system in a routine mutagenicity assay. *Mutat. Res.* 334(1): 97-102; 1995.
54. Mascio L.N., Yuen B.K., Kegelmeyer W.P.Jr., Matsumoto K., Briner J., Wyrobek A.J. Advances in the automated detection of metaphase chromosomes labelled with fluorescence dyes. *Cytometry.* 33(1): 10-8; 1998.

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

1. PROPÓSITO Y ALCANCE:

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

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

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

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

o por correo postal a:

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

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

2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

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

3. NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA RADIOPROTECCIÓN

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

Las contribuciones que pueden enviarse a *Radioprotección* son:

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

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

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

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Autorización de desmantelamiento de las instalaciones paradas y en fase de clausura (PIMIC-desmantelamiento) del CIEMAT

Según ha informado el CSN, el CIEMAT ha solicitado autorización de desmantelamiento de las instalaciones paradas y en fase de clausura, contempladas en el Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del CIEMAT (PIMIC), subproyecto PIMIC-desmantelamiento. Las evaluaciones llevadas a cabo por la Dirección Técnica de Protección Radiológica del CSN, concluyen que la solicitud del titular es aceptable, proponiendo su informe favorable con condiciones. Examinada la documentación presentada por el titular, así como las evaluaciones e informes efectuados por el CSN en el ámbito de sus competencias, el Consejo, tras el análisis y valoración correspondiente, ha acordado emitir dictamen favorable a la autorización de desmantelamiento de las instalaciones paradas y en fase de clausura del CIEMAT (proyecto PIMIC-desmantelamiento). Se ha solicitado al titular la elaboración de un plan de seguimiento específico del condicionado de la autorización, de las instrucciones técnicas complementarias y de las instrucciones técnicas de la Dirección de Protección Radiológica asociadas; que incluya las acciones y el calendario previsto para su cumplimiento. Dicho plan de seguimiento será requerido en la instrucción técnica propuesta por la Dirección Técnica de Protección Radiológica.

Comité de Redacción

Implantación de la aplicación piloto del SISC

El Consejo, en su reunión del día 15 de septiembre de 2004 acordó lanzar el programa de sistema integrado de su-

pervisión de centrales nucleares (SISC), basado en el "Reactor Oversight Process" de la NRC (Organismo Regulador de EE.UU.) y aprobar el programa de adaptación e implantación del mismo. El programa aprobado contempla que la fase piloto del mismo comience el día 1 de octubre de 2005, con el objetivo de que sea operativo a primeros del año 2006. El SISC es un sistema integrado de supervisión de las CC.NN. que incluye la vigilancia de las instalaciones mediante indicadores de funcionamiento e inspecciones, la valoración de los resultados de los indicadores y de los hallazgos de las inspecciones en función de su importancia para la seguridad y su impacto en el riesgo, actuaciones reguladoras que deben ponerse en marcha en función de los resultados anteriores y comunicación de los resultados del programa. El SISC aplica a las áreas de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica e implica cambios importantes en la metodología de supervisión de las centrales nucleares españolas, tanto por parte del CSN como de las propias centrales.

Comité de Redacción

Borrador de Proyecto de Real Decreto sobre control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas

Con objeto de llevar a cabo la transposición de la Directiva 2003/122/EURATOM sobre el control de fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y fuentes huérfanas, se constituyó un grupo de trabajo con la participación de los Ministerios de Industria, Turismo y Comercio, Sanidad y Consumo, Interior, Trabajo y Asuntos Sociales y el CSN. Fruto del trabajo del referido grupo se ha elaborado un borrador de proyecto de Real Decreto al que la Dirección Técnica de Protección Radiológica (DPR) del CSN ha realizado comentarios que

somete al Consejo. Por la DPR, por consiguiente, se presenta a la consideración del Consejo un informe con los comentarios al borrador de Real Decreto sobre control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas, que ha solicitado el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. El Consejo ha aprobado el informe realizado por la DPR y ha acordado su remisión al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Comité de Redacción

31 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española



Del 19 al 21 de octubre de 2005, se celebró en Logroño la 31 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española (SNE). La Reunión, que mantuvo la estructura de reuniones anteriores, contó con Sesiones Plenarias, Sesiones Especiales y Sesiones Técnicas.

Dos fueron las Sesiones Plenarias:

- "La gestión de los activos nucleares", presidida por D. Marfín Regaño (Director General de NUCLEONOR), en la que se expusieron las inversiones que se realizan en los distintos países para la gestión de los activos nucleares, contando también con el análisis y la visión económica de un banco de inversiones.

- **"Bases para el futuro de la energía nuclear"**, presidida por D. Eduardo González (Presidente del Foro de la Industria Nuclear y de FORATOM), en la que se presentaron, usando el "método del caso" empleado en muchas escuelas de negocio, los tres principales ejemplos de desarrollo nuclear en el mundo occidental, Finlandia, Francia y EEUU, exponiendo los casos completos teniendo en cuenta entre otros muchos aspectos el marco político y regulador del país, el proceso de participación pública, la elección del emplazamiento, el proceso de licenciamiento, la gestión de los residuos de baja y alta o la opinión pública.

También fueron dos las Sesiones Especiales:

- **"Experiencias de operación y mantenimiento de las instalaciones nucleares"**, presidida por D. José Dominguis (Presidente del Grupo Dominguis). En esta Sesión participaron responsables del mantenimiento de plantas nucleares y empresas de servicios que dan apoyo a las centrales nucleares.

- **"Sesión de posters"**, en la que los autores de los cuatro pósteres seleccionados por el Comité Técnico tuvieron la oportunidad de presentar sus trabajos. Adicionalmente, D. Enrique González (Director de la división de fisión, CIEMAT), coordinador de la sesión, presentó los diez pósteres seleccionados como finalistas por el Comité Técnico.

Por segundo año consecutivo, la Reunión Anual de la SNE organizó **cursos de refresco** dentro de su programa técnico. En esta ocasión los temas tratados fueron: Técnicas de inspección no destructiva; Reducción de volumen de residuos; Fiabilidad de equipos y Mejora del proceso regulador.

Las Sesiones Técnicas, trataron temas relacionados con: Combustible; Derecho nuclear; Comunicación; I+D+I; Ingeniería; Medicina y biología; Operación y mantenimiento; Operación a largo plazo; Organización y factores humanos; Gestión de calidad; Protección radiológica y medioambiental; Residuos radiactivos; Desmantelamiento y Seguridad nuclear.

Este año hubo una **Sesión especial de visita a la exposición de los póster**, en la que los autores permanecieron junto a su póster con el fin de atender a las consultas de los congresistas.

En paralelo a la Sesión de pósteres, se plantean dos sesiones monográficas, que abordaron temas de actualidad:

- **I+D Fusión**. En la que se hicieron las presentaciones "El proyecto ITER" y "Los materiales para el desarrollo de la fusión".

- **I+D. Asociación sectorial con EPRI**, en la que se hicieron las presentaciones "Alcance del acuerdo (Plant Support Engineering y acuerdo global). Representante de EPRI" y "Un ejemplo de aplicación práctica".

Además del amplio programa técnico, obra del excelente trabajo realizado por el Comité Organizador y el Comité Técnico de la Reunión, hay que destacar el excelente Palacio de Congresos con que cuenta la ciudad de Logroño, que ofrece un marco más que idóneo para la celebración de este tipo de Reuniones, sin olvidar la calidad de la producción vinícola de la zona, que deleitó a todos los participantes.

Comité de Redacción

Curso MARSSIM

El pasado mes de octubre se ha impartido en Tecnatom el curso sobre aplicación de la metodología MARSSIM. Esta metodología se aplica para deter-



Participantes del curso MARSSIM.

minar las medidas radiológicas necesarias en la liberación de terrenos y edificios de instalaciones nucleares en proceso de desmantelamiento.

Dada la actualidad de los temas tratados, la asistencia ha sido numerosa, 33 alumnos procedentes de diferentes establecimientos: Consejo de Seguridad Nuclear, CIEMAT, ENRESA y sus ingenierías. Todos los alumnos manifestaron la calidad y utilidad de los temas tratados.

El curso, organizado por Tecnatom, ha contado con profesores procedentes de Oak Ridge Associated Universities (ORAU) y con la colaboración de instructores técnicos de Tecnatom.

La metodología MARSSIM va a ser de gran utilidad para el desmantelamiento de las instalaciones del CIEMAT (proyecto PIMIC) y de la central nuclear de José Cabrera.

El MARSSIM ofrece un proceso de selección de medidas, calidad de datos y su tratamiento estadístico que puede ser también de utilidad en la liberación de terrenos con otros tipos de contaminantes no radiactivos (aceites, combustibles, residuos de minerías, etc)

Comité de Redacción



Los asistentes al curso posan en la entrada principal de Tecnatom.

25 años del Consejo de Seguridad Nuclear en el año internacional de la física

Cursos de verano de El Escorial Universidad Complutense. Semana del 11 al 15 de julio.

Se exponen a continuación aquellos aspectos que a juicio del asistente al curso han resultado más relevantes. No se da ningún dato cuantitativo, pues se pretende intencionadamente recoger las sensaciones recordadas por el oyente, dejando los apuntes a un lado. Se trata en definitiva de recoger las impresiones percibidas.

1. El envejecimiento de los técnicos con experiencia en materia de energía nuclear es un hecho. Las nuevas generaciones de estudiantes no acuden a formarse en: física nuclear, seguridad nuclear, protección radiológica o simplemente en las aplicaciones de los isótopos o de las radiaciones ionizantes, en facultades o escuelas técnicas; si bien habría que deslindar los esfuerzos lectivos que con carácter general se dedican a la energía nuclear de otros ámbitos. Específicamente la formación en tecnología nuclear se encuentra, desde hace tiempo, en situación muy precaria. Las consecuencias más graves apuntan a la explotación de las instalaciones nucleares. Los conocimientos necesarios, por ejemplo, en el ámbito de la medicina nuclear o de la operación y supervisión de instalaciones radiactivas puede alcanzarse por otras vías docentes, que pueden ser de naturaleza postgrado, *masters*, cursos *ad hoc*, etc.

2. El desinterés de los jóvenes estudiantes por las disciplinas conexas a la energía nuclear no es necesariamente por falta de interés vocacional, sino por dificultades para ejercer sus conocimientos en el mundo laboral, debido al futuro incierto de este tipo de energía.

3. Diversas presentaciones mostraron la necesidad de la energía nuclear a la vista de la exigente demanda de energía eléctrica en España, que no se puede ofrecer desde el resto de fuentes energéticas. Aspectos de independen-

cia, económicos y medioambientales pueden obrar a favor de ese tipo de energía. La seguridad de las instalaciones se estima que está dejando de ser tema de debate pero, sin embargo, siguen existiendo dos campos de trabajo que permanecen abiertos: Por un lado, la debida comunicación a la sociedad del riesgo asociado a la explotación de las instalaciones, junto con la no proliferación y los posibles ataques terroristas y por otro lado, la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad que es tema aún no resuelto de forma definitiva, pero que está en fase de investigación. Ante esto, como reiteradamente se viene haciendo por parte de los responsables en materia de energía nuclear, se formula la pregunta de siempre: ¿Cómo comunicamos tan mal a la sociedad el hecho de que el riesgo es mínimo y que las consecuencias de no utilizar la energía nuclear lleva asociado más problemas que los derivados de la explotación de las instalaciones nucleares? Se trató de dar respuesta sobre el particular, diciendo que el lenguaje empleado no es el adecuado, usando términos desafortunados como disparo del reactor, venenos en el combustible, bomba de cobalto, etc. que alarman al profano. También se indicó que es erróneo tratar de convencer con el objetivo lenguaje de la ciencia, con una sintaxis lógica que produce rechazo por una ignorancia que argumenta que es lenguaje tapadera de intenciones inconfesables. La estrategia, se dijo, es cambiar el lenguaje ante aquellos con posturas dogmáticas, hablando en términos de consecuencias si se prescinde de ese tipo de energía, algo que no se expone con la debida frecuencia, y explicando, también en detalle, su impacto sobre las tarifas eléctricas. Sobre el riesgo calculado, una vez informado por la autoridad responsable, por ejemplo en casos de cáncer atribuidos a la explotación de instalaciones nucleares, en caso de no aceptación se debe requerir la prueba en contrario, pues lo que se afirma sin demostración con la misma autoridad, se puede negar sin demostrar.

4. La reelaboración del combustible irradiado permite alargar la explotación de las reservas de uranio de manera considerable, además reduce especta-

cularmente el volumen de residuos sólidos que vitrificados puedan ser recuperados incluso con posible usos en un futuro. No se mostraron argumentos a favor de que los residuos radiactivos sean irrecuperables.

5. Por parte del sector eléctrico español se manifestó con claridad meridiana que no ha llegado todavía la hora de hablar del futuro de la energía nuclear debido a la fuerte inversión inicial, que no encuentra financiación y, primordialmente también, a la falta de decisión política del Gobierno al no considerar esta opción energética en un corto y medio plazo. Todo esto comentado sin subrayar expresamente la seguridad de las instalaciones o la percepción pública del riesgo.

6. Sobre la regulación en el sector nuclear se trató de forma especial los costes de transición a la competencia, que aplica, como es natural, también a las centrales nucleares españolas, señalándose las carencias, incertidumbres e irregularidades legales que se presentan, ya sea en la ley o en su aplicación. La preocupación lógica es que no se entienda que hayan prosperado disposiciones tan anti-jurídicas, en opinión del sector, ante lo que cabe preguntarse por los recursos, impugnaciones, etc. que se hayan interpuesto por parte del sector eléctrico para evitarlo. Sin embargo, se reconoció que normativa tan desoladora es una culpa que alcanza a todos, dicho también en opinión del sector.

7. Acerca de la regulación en el sector nuclear o en el sector eléctrico en general, fue señalado que contiene materias muy técnicas y difíciles de entender por aquellos jueces que tienen la necesidad de aplicarlas, según opinión del sector, algo que se entiende superable, como en tantos otros campos, a través de los peritos en la materia, que los jueces determinen.

8. Sobre los Entes Reguladores en general y los Organismos Reguladores en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, en particular, se manifestó que la independencia no se encuentra necesariamente ligada al hecho de no estar esos dentro del Ministerio del ramo correspondiente. Se puso el ejemplo del AEAT, Agencia Estatal de

Administración Tributaria que es autónoma pero no independiente del Ministerio de Economía y Hacienda. También se puso de manifiesto el nuevo sistema británico con un organismo regulador más amplio, que incluye otros riesgos, junto con el derivado de las radiaciones ionizantes, como el químico o el biológico. Sobre el CSN se discutió la posible conveniencia de tener capacidad normativa y sancionadora. También se contempló la posibilidad de estar incluido el CSN dentro del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y se recordó el modelo francés.

9. Se manifestó que la vieja ley de Energía Nuclear se ha mostrado útil, pues sigue en vigor, aunque precisa ser modificada. Se indicó la peculiaridad jurídica de requerir a los titulares de las instalaciones nucleares que apliquen la normativa de origen del proyecto, concluyendo la falta de un completo ordenamiento jurídico español de que adolece, en mayor medida la seguridad nuclear que la protección radiológica.

10. El desequilibrio entre demanda y oferta de energía eléctrica con su impacto en la red de distribución presentó la importancia de la energía nuclear trabajando en base, y su efecto sobre la fiabilidad de dicha red, así como su incidencia sobre el indeseable "blackout". El equilibrio de la red por la interconexión internacional evidenció la conducta no beneficiosa para España de un país vecino.

11. Acerca de la internacionalización de la seguridad nuclear y protección radiológica se expresó el fuerte impacto que tiene un accidente en una central nuclear de un determinado país sobre el resto de los países nuclearizados. Sobre la normativa internacional de aplicación general a todos los países con energía nuclear se subrayaron las dificultades que realmente existen, debido incluso a la diferencia cultural de los pueblos y a sus particulares intereses comerciales e industriales, sin embargo, existe, se dijo, mayor unanimidad en los aspectos normativos de la seguridad radiológica que en aquellos propios de la seguridad nuclear. Por ejemplo, dentro del Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA, existe mas normativa dedicada a la protec-

ción de la persona que a la seguridad de la instalación.

La internacionalización de la energía nuclear se comentó que en gran medida se viene dando a través de los proyectos internacionales de investigación, el suministro internacional de equipos y componentes y la revisión de los aspectos del diseño de las centrales en funcionamiento que se va a llevar a cabo, en un futuro próximo, en el concierto internacional.

12. Las perspectivas de la protección radiológica muestran los retos actuales, las dificultades existentes y el predominio de otros países en esta materia sobre los EE.UU. La dosis umbral de daño, el efecto de las bajas dosis, las incertidumbres de la hormesis y las particularidades requeridas por cohortes adecuadas con determinados aspectos médicos complejos como la influencia de la irradiación sobre ciertos aspectos genéticos previos y las conclusiones derivadas de los efectos de las bombas en Hiroshima y Nagasaki cerraron este apasionante tema.

13. El título de la conferencia dio paso a los logros alcanzados por el CSN y su evolución histórica, así como sus defectos pasados y presentes. Un comentario se hizo a la hora de hablar de la preparación de sus técnicos y del pequeño número de personas que trabajaban cuando se encontraban las centrales en fase de construcción, de los que ineludiblemente hoy quedan menos y tienen mas edad, por lo que se infirió que la experiencia del CSN actual se circunscribe a la explotación de las centrales nucleares, con experiencia muy escasa en evaluación de los informes previos a la construcción o en la inspección propia de esta fase. Este argumento, sin embargo, se puede precisar, pues se han realizado posteriormente importantes y diferentes diseños de componentes, edificios, almacenes, etc. cuyas evaluaciones e inspecciones se han llevado a cabo por el personal técnico que está trabajando actualmente en el CSN.

14. La ponencia de la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados sobre el suceso en la central nuclear de Vandellós II, relativo a la refrigeración de sistemas

esenciales, evidenció que entre las comparencias correspondientes no hubo ninguna de carácter institucional con naturaleza técnico-científica como son los centros de investigación, academias, escuelas de ingeniería, etc. La problemática del suceso, se remarcó también, que no debiera haber sido tratado fuera del ámbito del CSN que es el único organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

15. Se refirió que el informe anual del CSN a las Cortes Españolas debe ser mas inteligible y secuencial, que permita seguir la evolución en el tiempo de cada tema, aunque sea menos extenso.

16. El interesante tema sobre la energía en el siglo XXI, entre sus conclusiones destaca que tendrán que pasar dos generaciones al menos para que resurja en España la energía nuclear, tras haber dado una convincente solución a los residuos derivados de la explotación de las centrales nucleares y una vez que la sociedad española se encuentre concienciada al respecto.

17. El curso ha resultado de mucho interés por los temas tratados y por la categoría de los ponentes, sin embargo, se viene demostrando, año tras año, que suscita el mayor interés en estudiantes "seniors", aunque suene en cierto modo paradójico, que deben ser, además, muy afines a los temas.

18. En este curso se han planteado problemas, pero no se han dado soluciones cerradas, ni siquiera soluciones para algunos casos, pero ha sido en gran medida presentación de argumentos para un debate sobre la energía nuclear que permitirá a nivel nacional redactar por el Gobierno un libro blanco actualizado sobre la energía en España.

19. Por el interés de las presentaciones debiera hacerse el esfuerzo de publicarlas. Al parecer, tampoco se han publicado las de años anteriores.

*Ángel Esteban Naudín
Gabinete del Secretario General del
Consejo de Seguridad Nuclear*

*Alumno del Curso: 25 años del
Consejo de Seguridad Nuclear en el
año internacional de la física.*

El Foro de la Industria Nuclear Española estrena Web

El Foro Nuclear estrena web (www.foronuclear.org) con el fin de facilitar el acceso a la información relacionada con la energía nuclear y conseguir llegar a un público más amplio gracias a los nuevos contenidos y la fácil navegación.

Uno de los principales objetivos de la Asociación es la divulgación de los usos pacíficos de la energía nuclear. Para ello, Internet es una de las herramientas más potentes para acceder a un público amplio y diverso, así como a los profesionales del sector interesados en datos técnicos e informes sobre energía nuclear.

Entre las novedades que presenta la web destaca la sección CONSULTAS AL EXPERTO, donde los usuarios a través de un formulario disponible en la web podrán hacer preguntas a un experto, así como consultar las dudas que han tenido otros usuarios. Otra de las secciones más novedosas es FORO NUCLEAR OPINA, donde aparecen artículos de actualidad firmados por la Asociación.

Una de las áreas más exitosa de la anterior edición de la web, el RESUMEN DE PRENSA DIARIO se amplía, a partir de ahora, para facilitar el acceso a todas las noticias publicadas en los medios a lo largo de los tres últimos años. La sección de NOTICIAS DE ACTUALIDAD tiene, además de su publicación diaria, una hemeroteca con las noticias aparecidas en nuestra web a lo largo del año.

En el apartado TODO SOBRE ENERGÍA NUCLEAR un despegable permite acceder a la información sobre las centrales nucleares y la energía nuclear en España, la energía nuclear en el mundo, un glosario nuclear, el diccionario sobre energía inglés/español, las preguntas más frecuentes sobre energía y la explicación con ilustraciones sobre cómo funciona un reactor.

En la SALA DE COMUNICACIÓN se accede a las notas e informes de prensa y su archivo fotográfico, así como a la documentación de referencia según la actualidad informativa. En la SALA DE DOCUMENTACIÓN están

disponibles todas las publicaciones del Foro Nuclear, vídeos sobre energía, legislación nuclear, recomendaciones bibliográficas y el acceso Comité de Documentación (OPAC). La nueva web recoge todas las ACTIVIDADES DE FORMACIÓN con sus cursos para profesores, las jornadas nacionales sobre energía y educación, el concurso anual escolar y otras actividades como los cursos de verano, etc.

El Foro Nuclear confía en que con este cambio y esfuerzo hayamos logrado nuestro principal objetivo de ofrecer una accesibilidad mayor a la información sobre la energía nuclear.

Foro de la Industria Nuclear Española

Se desarrolla en el CSIC un prototipo de mamógrafo digital con el que se consiguen reducir las dosis de radiación hasta 50 veces

Dentro del V Programa Marco de la Unión Europea, se ha desarrollado el

proyecto "Dear-mama", en el que ha participado el grupo de investigadores del Centro nacional de Microelectrónica del CSIC.

Los investigadores españoles han diseñado y creado un nuevo modelo de mamógrafo digital, el cual aún se encuentra en fase de prototipo, con el que se consiguen reducir las dosis recibidas en una exploración mamográfica hasta 50 veces, en comparación con los exámenes mamarios convencionales. El prototipo se basa en un método completamente digital que mediante un chip es capaz de capturar y contabilizar de uno en uno el 99 por ciento de los fotones de rayos X y aumentar la nitidez de la imagen.

Actualmente se están realizando ensayos preclínicos con modelos y muestras de tejidos en el Hospital de Sabadell. Una vez se valide el modelo y un comité ético apruebe el protocolo de actuación correspondiente, podrán iniciarse las pruebas clínicas en humanos.

Comité de Redacción

NOTICIAS

del MUNDO

Las consecuencias del accidente de Chernóbil

El 5 de septiembre el Foro de las Naciones Unidas sobre Chernóbil publicó un extenso informe en el que se evalúan los efectos producidos por el accidente que tuvo lugar el 26 de abril de 1986 en la central nuclear. El informe, que resume un trabajo elaborado por centenares de científicos, economistas y expertos en el área de la salud, pretende evaluar los efectos tras 20 años del mayor accidente nuclear de la historia. Este Foro está formado por ocho organismos especializados de las Naciones Unidas y por los Gobiernos de Belarús, Rusia y Ucrania.

Este informe lleva por título: "Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts" (La herencia de Chernóbil: repercusiones sanitarias, ambientales y socioeconómicas) y tiene como objetivo el proporcionar la verdadera magnitud de las consecuencias del accidente y formular una serie de sugerencias sobre las formas en que los Gobiernos de Belarús, Ucrania y Rusia podrían abordar los principales problemas económicos y sociales. Algunas de sus conclusiones más importantes son:

El primer día del accidente sufrieron exposición intensa a altos niveles de radiación aproximadamente 1.000 personas, entre empleados del reactor y trabajadores del servicio de emergencia. De los más de 200.000 trabajadores de servicios de emergencia y de operaciones de recuperación expuestos durante el período 1986-1987, se estima que unos 2.200 morirán por una causa relacionada con esa exposición. A mediados del 2005 no llegan a 50 el total de defunciones atribuidas directamente a la radiación liberada; casi todas las muertes fueron de trabajadores de servicios de emergencia.

Según las estimaciones, cinco millones de personas viven actualmente en zonas de Belarús, Rusia y Ucrania que

están contaminadas con radionucleidos debido al accidente; unas 100.000 de ellas se encuentran en zonas que fueron clasificadas como "zonas de control estricto". Las actuales definiciones de las zonas deben revisarse y ajustarse a la luz de las nuevas conclusiones.

La contaminación ha causado alrededor de 4.000 casos de cáncer de tiroides, fundamentalmente en niños, y salvo nueve que fallecieron, todos los demás se han recuperado.

La mayoría de los trabajadores de servicios de emergencia y de los habitantes de zonas contaminadas recibieron dosis de irradiación corporal relativamente bajas, comparables a los niveles de fondo naturales.

Los elementos estructurales del sarcófago construido en torno al reactor dañado se han deteriorado, con el consiguiente riesgo de hundimiento y liberación de polvo radiactivo. Además, queda por definir un plan completo para la gestión de las toneladas de desechos radiactivos de alta actividad que se encuentran dentro y alrededor del emplazamiento de la central nuclear de Chernóbil.

El traslado a otras zonas fue una experiencia profundamente traumática para las 350.000 personas que fueron sacadas de las zonas afectadas. Aunque 116.000 fueron evacuadas de la parte más gravemente afectada inmediatamente después del accidente, los traslados posteriores no sirvieron para reducir significativamente la exposición de la radiación.

La pobreza, las enfermedades asociadas con el "modo de vida" que ahora proliferan en la antigua Unión Soviética y los problemas de salud mental, representan para las comunidades locales una amenaza mucho mayor que la exposición a la radiación.

El informe también efectúa una serie de recomendaciones. Desde un punto de vista social, se aconseja la eliminación de programas que promueven la mentalidad "victimista" y de dependencia por otro tipo de programas que creen oportu-

nidades, respalden el desarrollo local e infundan confianza en el futuro.

En cuanto al área de la salud, resulta conveniente continuar con el control riguroso de los trabajadores recuperados del síndrome de irradiación aguda (SIA) y con el control selectivo de los niños expuestos al yodo, para detectar el cáncer de tiroides, y de los trabajadores que realizaron el trabajo de limpieza y estuvieron expuestos a dosis altas, para detectar otros tipos de cáncer. Se señala la conveniencia de realizar una evaluación de la efectividad de tales programas de detección.

Con relación al medio ambiente, el informe pide una vigilancia a largo plazo de los radionucleidos de cesio y estroncio para evaluar la exposición humana y la contaminación de los alimentos y analizar los efectos de las medidas correctivas. También, el informe aboga por el establecimiento de un "programa integrado de gestión de desechos para el sarcófago, el emplazamiento de la central nuclear y la zona de exclusión".

Como recomendación fundamental, se pide una mejora en la comunicación con el público, subsanando la falta de credibilidad que ha obstaculizado los esfuerzos anteriores. Aunque se dispone de información exacta desde hace años, esa información no ha llegado a quienes la necesitan, y cuando a llegado, la población no ha confiado en ella. Es necesario proporcionar información adaptada a los distintos públicos.

Comité de Redacción

Reunión de la Comisión Internacional de Protección Radiológica el pasado mes de septiembre en Ginebra

Entre los días 11 y 15 del pasado mes de Septiembre, tuvo lugar en Ginebra (Suiza), la reunión periódica de la Comisión Principal de la ICRP y de sus cinco Comités estables. Era la primera reunión tras la renovación parcial de miembros en los mismos, que se había producido en los meses precedentes.

Como ya se anunció en el número 45 de Radioprotección, la representación

española tras dicha renovación es mayor que nunca. Así, los Comités 3, 4 y 5 cuentan con Españoles entre sus filas, todos ellos socios de la SEPR.

A continuación se informa de lo tratado en los Comités en los que participaron representantes españoles.

Informe de la Reunión Anual del Comité 3 de la ICRP

En la Reunión participaron todos los miembros del C3: F.A. Mettler (Presidente que presentó su dimisión por motivos personales durante la reunión), C. Cousins (Vice Presidente), E. Vañó (Secretario), J.M. Cosset, I.A. Gusev, J. Liniecki, S. Mattsson, M.M. Rehani, P. Ortiz, L.V. Pinillos-Ashton, H. Ringertz, M. Rosenstein, C. Sharp, Y. Li, Y. Yonekura. Como observadores, asistieron a algunas sesiones: Norbert Bischof (IEC) y Marie-Line Perrin (ISO).

El Presidente del C3, F. Mettler anunció que dejaba la ICRP al finalizar la reunión de Ginebra, por motivos personales. Los miembros del Comité, por unanimidad, expresaron su agradecimiento al Prof. Mettler por la excelente labor realizada.

Se discutió el último borrador de las nuevas recomendaciones de ICRP (versión de agosto 2005). El borrador tiene cambios sustanciales con respecto a las versiones previas. F. Mettler había preparado un "documento blanco" sobre la protección radiológica (PR) en medicina para la Comisión Principal (CP), en el que se destacaba que en el área médica prácticamente no se necesitaba ningún cambio de las recomendaciones de PR existentes. Anunció asimismo, que la CP había solicitado al C3 la elaboración de un documento de base, que podría ser en parte, una actualización del informe ICRP-73, para las Nuevas Recomendaciones. Se acordó que M. Rosenstein fuera el coordinador del Grupo de Trabajo que elaborara dicho documento.

J. Liniecki presentó los avances del documento sobre "Exposición de las manos de los operadores que preparan y manipulan radiofármacos". Se espera tener elaborado un primer borrador para el próximo año.

C. Cousins presentó el borrador del documento sobre "Protección radiológi-

ca para los cardiólogos que realizan procedimientos guiados por fluoroscopia". Se espera disponer de la versión final de este documento para la reunión de 2006.

L.E. Holm (Presidente de ICRP que asistió a algunas de las sesiones) destacó que en el último borrador de las Nuevas Recomendaciones (agosto 2005), la PR del paciente se trataba de forma independiente. Sugirió que se deberían incluir los problemas de PR de las nuevas tecnologías: radiología digital, radiología intervencionista, medicina nuclear, radioterapia, pediatría, familiares que puedan acompañar a los pacientes, investigación biomédica, necesidades de formación, etc. Destacó que las conclusiones de la Conferencia del OIEA de Málaga deberían tenerse presentes.

Los miembros del C3 expresaron su interés de que las Nuevas Recomendaciones incluyeran información sobre los siguientes aspectos:

- Factores de riesgo por edad, diferenciando hombres y mujeres.
- Protección de la mujer trabajadora.
- Umbrales de dosis para los efectos deterministas en cristalino.
- Estimación de riesgos: dosis en órganos y límites para la utilización de la dosis efectiva en medicina.
- Las restricciones de dosis con relación a una fuente podrían ser mal interpretadas en medicina (por ejemplo, cuando se trabajara en varias salas de rayos X).

J.M. Cosset presentó el documento sobre "Protección Radiológica en las nuevas técnicas de radioterapia". Serán necesarios todavía 2 años para terminar el documento. Se sugirió que se incluyeran también los aspectos relacionados con accidentes.

E. Vañó presentó el borrador de contenido del documento sobre "Formación en Protección Radiológica para el personal clínico que utilice radiaciones ionizantes en medicina". Se acordó que el documento se focalizara en radiodiagnóstico y medicina nuclear y que se incluyeran anexos sobre tomografía computarizada, fluoroscopia, radiología pediátrica y radiología digital. Se insistió en la conveniencia de separar claramente los aspectos de educación básica

(lecciones generales) y de formación (aspectos prácticos durante el trabajo).

C. Sharp presentó el contenido del documento sobre "Exposiciones médico-legales que utilizan radiaciones ionizantes sin beneficio directo para la persona expuesta".

Los documentos sobre "Exámenes médicos y seguimiento de las personas expuestas a radiaciones ionizantes accidentalmente o por motivos de trabajo" y "Cribado sanitario utilizando radiaciones ionizantes de personas asintomáticas" que iba a coordinar el Prof. Mettler, se acordó que quedarán en suspenso durante los próximos dos años.

S. Mattsson presentó la última versión del documento que se está elaborando entre los Comités 2 y 3 sobre "Dosis a los pacientes derivadas del uso de radiofármacos". Se pretende que los resultados sean de libre acceso en formato digital en la WEB de ICRP. Se esperan algunos cálculos complementarios del Comité 2 con maniqués volumétricos (voxel phantoms).

E. Vañó presentó la nueva información disponible sobre lesiones en cristalino por radiación, aportando los datos presentados por Z. Haskal en la reunión de la RSNA de diciembre de 2004. El C3 expresó su preocupación por el impacto que estos resultados podrían tener en los límites de dosis al cristalino si se confirmaran.

F. Mettler e Y Sasaki presentaron algunos resultados del seguimiento del accidente de Chernobyl y de las explosiones de Hiroshima y Nagasaki.

N. Bischof presentó un resumen de las actividades de la Comisión Electrotécnica Internacional relacionadas con la PR en medicina.

H. Ringertz presentó el contenido del documento denominado "Protegiendo a los niños. Técnicas diagnósticas con radiaciones ionizantes". Se propusieron algunas mejoras y se destacó la conveniencia de coordinar el documento de ICRP con otros similares que se iban a iniciar en la Comisión Europea (CE) y en el OIEA.

M. Rehani presentó el borrador de los primeros capítulos del documento "Gestión de dosis en tomografía computarizada con multi-detector (o multicorte)". Se acordó proponer convertir el grupo de trabajo en un "task group".

P. Ortiz presentó un resumen del estado actual del Plan de Acción de Protección del Paciente que coordina la OIEA. Destacó la importancia de un proyecto de servidor WEB para intercambiar información entre los profesionales del área sanitaria de todo el mundo.

Marie Line Perrin observadora de la Organización Internacional de Estandarización (ISO) presentó las actividades de ese Organismo en el área médica. Los miembros del C3 expresaron su preocupación por algunos documentos iniciados por ISO sobre PR en medicina, en particular uno sobre estandarización de protocolos de tomografía computarizada en pediatría.

*Profesor Eliseo Vañó
Miembro del Comité 3 de la ICRP*

Informe de la Reunión Anual del Comité 4 de la ICRP

En este Comité, la renovación ha afectado a más de la mitad de sus componentes (16 en total), incluido el anterior español participante en el mismo (David Cancio); su nueva composición incluye, no obstante, a otro español (Pedro Carboneras), ambos socios de la SEPR. El Comité está presidido por Annie Sugier, miembro a su vez de la Comisión Principal de ICRP.

Como se recordará, el Comité 4 cubre dos áreas específicas dentro del esquema general de actividades de ICRP, que de forma simplificada son:

a) El asesoramiento para la aplicación de sus recomendaciones.

b) La colaboración con otros Organismos internacionales relevantes en materia de protección radiológica (OIEA; NE; NEA; OIT; OMS; UNSCEAR; ISO; ICRU; IRPA, etc).

De un modo resumido los principales temas tratados y acuerdos alcanzados en esta reunión, en lo que se refiere al Comité 4, han sido:

- Quedaron prácticamente listas para edición dos publicaciones básicas (Foundation Documents) del conjunto de recomendaciones de ICRP hacia el futuro:

una sobre la aplicación del principio de "Optimización", y otra sobre la definición del "Individuo Representativo", como revisión del concepto de "Grupo Crítico", a los efectos del cumplimiento de las recomendaciones. La SEPR había hecho aportaciones a ambos documentos.

- Se crearon dos nuevos Grupos de Tarea (Task Groups) para preparar sendas publicaciones, con el horizonte del 2008, relativas a la aplicación de las recomendaciones de ICRP en caso de emergencia. La primera de ellas cubrirá las fases iniciales, hasta el momento en que la situación remanente admita el retorno a unas condiciones básicas de "normalidad" y actualizará la ICRP-63. La segunda cubrirá las actuaciones subsiguientes, incluyendo la actividad humana en presencia de contaminación radiactiva y las acciones ulteriores de mejora de las condiciones radiológicas existentes y actualizará la ICRP-82. El miembro español del Comité participará de forma activa en esta segunda tarea.

- Se constituyeron dos Grupos de Trabajo (Working Parties) para explorar, con el horizonte de 2006-2007, la eventual necesidad de desarrollo de las recomendaciones de ICRP en dos áreas: Protección ocupacional, y exposición a causa de radionucleidos de origen natural (los así llamados NORM's). El miembro español del Comité participará activamente en este segundo, en el que se tendrán muy en cuenta los desarrollos de otros Organismos, como OIEA y UE.

- Adicionalmente, el Comité 4 analizó, debatió y ofreció su aportación en dos actividades relevantes de la Comisión Principal:

a) El nuevo borrador de las nuevas recomendaciones generales de ICRP, que se considera bien orientado, en general, y del que es previsible que exista una nueva versión abierta a comentarios públicos, tras la reunión de dicha Comisión Principal en Madrid, en Marzo de 2006. Si todo se desarrolla como está previsto, la publicación sería posible al principio de 2007.

b) El primer borrador de un documento sobre el "alcance" (Scope) del sistema de protección recomendado por ICRP, con su posición en aspectos tan relevantes como la "exclusión", la "exen-

ción" y la llamada "desclasificación" (clearance). Se cree que la Comisión Principal espera finalizar este documento a lo largo de 2006, para su publicación con el conjunto de nuevas recomendaciones y sus documentos de base.

- De igual modo, el Comité 4 debatió el contenido de un documento preparado por indicación de su Presidenta, que recoge todos los valores numéricos recomendados hoy por ICRP y ofrece una explicación de su lógica y racionalidad. También analizó, debatió y ofreció su aportación a diversas actividades en curso de otros Comités, tales como la exposición en caso de vuelos especiales y las originadas a nivel mundial por el uso creciente de exploraciones radiológicas por razones policiales, legales o de otro modo decididas por las Autoridades para aplicación general.

- El Comité 4 ha analizado el conjunto completo de publicaciones actuales de ICRP para decidir, de forma genérica, su aplicabilidad de cara a la entrada en vigor de las futuras recomendaciones generales que se esperan en 2007. Tras este análisis se ha definido, de forma preliminar, el esquema básico de potenciales necesidades de desarrollos complementarios (de diverso alcance y nivel) para asegurar que el conjunto se mantiene completo y coherente; una de las tareas adicionales es la preparación de un "Topical Paper" sobre las exposiciones al Radón.

- Finalmente el Comité 4 debatió y definió diversos aspectos de índole funcional y operativo, entre los que destacan el establecimiento de un órgano operativo específico para optimizar la colaboración con el resto de Organismos Internacionales con interés en la protección radiológica, que actúan en dicho Comité en calidad de "observadores", y la definición de modos estables y predefinidos de relación con el resto de los Comités, así como con la Comisión Principal, para facilitar y optimizar la coordinación interna.

- La próxima reunión del Comité 4 tendrá lugar en Madrid, en Septiembre de 2006.

Esta escueta noticia no puede terminar sin reflejar la grata y muy positiva

experiencia vivida por el miembro español de este Comité 4 en su participación en la reunión descrita y sus elevadas expectativas de aprendizaje y contribución hacia el futuro, lo que sólo ha sido y seguirá siendo posible, con la ayuda recibida de tantos amigos y compañeros de la SEPR, del CSN, de CIE-MAT y de ENRESA. Desde estas líneas mi agradecimiento a todos y mi ofrecimiento y petición de colaboración hacia el futuro en lo que se refiere al trabajo del Comité 4 de ICRP, aprovechando la actual etapa de apertura y transparencia existente en su seno.

Pedro Carboneras
Miembro del Comité 4 de la ICRP

Informe de la Reunión Anual del Comité 5 de la ICRP

Esta era la primera ocasión en la que se reunían los miembros del recientemente creado Comité 5 de la ICRP (C5), encargado de la protección radiológica del medio ambiente.

El C5 lo integran: J. Pentreath del Reino Unido (Presidente), C-M Larsson de Suecia (Vicepresidente), K. Higley de EE.UU (Secretaria), F. Brechignac de Francia; M. Doi de Japón; A. Johnston de Australia; G. Proehl de Alemania; A. Real de España y P. Strand de Noruega.

La reunión del C5 se inició con una introducción por parte del presidente J Pentreath sobre lo que fueron los orígenes de este comité (dos "Task groups" de la Comisión Principal) y cual es su misión. Los principales temas tratados en la reunión fueron:

- *La aproximación de animales y plantas de referencia (RAPs approach) para la protección radiológica de medio ambiente.* La aproximación de RAP pretende ser un marco conceptual y numérico que permita examinar en detalle las relaciones existentes entre exposiciones a radiación y dosis, y entre dosis y efectos biológicos, para un número reducido de animales y plantas seleccionados. La valoración de la utilidad de dicha aproximación dependerá de hasta que punto a) se relacione de forma explícita al marco y a los conocimientos científicos

de base sobre la radiación utilizados para la protección radiológica de las personas; b) esté relacionada con desarrollos contemporáneos realizados en otras aproximaciones de protección del medio ambiente, en particular en relación con sustancias químicas; c) sirva como un punto de referencia para metodologías y aplicaciones de evaluación internacionales; y d) sirva como punto de referencia para aproximaciones regionales o nacionales.

No se pretende que la aproximación de RAPs represente una metodología de valoración operacional, ni un sistema completo, sino que se pretende que sea los cimientos o el primer paso a partir del cual se puedan desarrollar aproximaciones más detalladas para la protección del medio ambiente frente a las radiaciones ionizantes por parte de otras organizaciones, a medida que sea apropiado y necesario. La analogía más obvia con esta aproximación es el desarrollo y uso del hombre de referencia por parte de ICRP para la protección radiológica del hombre.

El C5 estuvo de acuerdo en que la aproximación RAP cumple los criterios antes mencionados, si bien es necesaria una justificación más explícita y tener en consideración los comentarios recibidos sobre el borrador "The Concept and Use of Reference Animals and Plants for the purposes of Environmental Protection". Durante el periodo de consulta, se recibieron 16 comentarios del documento. Se acordó la necesidad de abordar de forma explícita todos los comentarios recibidos. La Comisión Principal (CP) tendrá que asegurar que el método de respuesta a los comentarios utilizado por el C5 sea consistente con el empleado por el resto de los comités. El C5 sugerirá a la CP que se utilice la web para contestar a los comentarios recibidos.

Los miembros del C5 estuvieron de acuerdo en que el grupo de 12 RAPs seleccionado es adecuado y que constituye un buen punto de partida y en que la definición de RAP dada en el documento borrador sobre protección del medio ambiente es adecuada.

- *Establecimiento de niveles de consideración (Derived Consideration Levels).* Tras una breve introducción del

presidente sobre el tema, se sugirieron dos posibles niveles de referencia: 1) las tasas de dosis que se sabe que causan determinados efectos y 2) tasas de dosis de fondo típicas para los distintos tipos de biota (aproximación DCL). Se comparó con la aproximación conceptual utilizada en protección radiológica de las personas. También, se contemplaron las aproximaciones utilizadas para productos químicos en diferentes países. Sobre la aproximación DCL el comité concluyó que es una manera práctica de presentar los datos disponibles sobre efectos, pero seguramente surgirán otras maneras. Las comparaciones con las tasas de dosis de fondo han sido un buen punto de referencia inicial, pero han de analizarse más en detalle. También podrían utilizarse dosis que produzcan efectos por encima de un rango, para las diferentes especies.

- *Dosimetría: estado actual y necesidades futuras.* G. Proehl lideró la discusión sobre dosimetría, en la que se compararon los trabajos realizados en distintos países (España, Reino Unido, EE.UU. y Noruega). Para la mayoría de los cálculos de dosis se utilizan métodos de Monte Carlo. M. Doi revisó los esfuerzos que está realizando la OIEA en modelización, resaltando que aún está en proceso y que por tanto podría beneficiarse del trabajo que realice el C5 de ICRP. También resaltó que siguen siendo necesario: realizar cálculos y medidas de las dosis de fondo, disponer de modelos más refinados; y que, aunque actualmente no se utilizan factores de ponderación de la radiación, se reconoce que habría que determinar valores de RBE para alfas, algo que UNSCEAR también está considerando. El Comité estuvo de acuerdo en que era necesario crear un grupo que trabajara en los aspectos relacionados con la dosimetría y en concreto que examine las diferentes metodologías disponibles para realizar estimaciones de dosis en biota; seleccione de forma justificada la más apropiada y posteriormente genere un grupo de valores DPUCs (dose per unit concentration) (Gy día⁻¹/ Bq kg⁻¹) para los 12 RAPs en sus diferentes estadios de desarrollo. El grupo de trabajo estará liderado por G. Proehl.

- *Valores de referencia de tasas de dosis debidas a radionucleidos naturales. Concentración y factores de transferencia para radionucleidos artificiales.* Para calcular las tasas de dosis de referencia producidas por irradiación externas es necesario tener un grupo de radionucleidos naturales de referencia en agua marina, agua dulce y suelo. Para las tasas de dosis internas, es preferible conocer la concentración de radionucleidos para los 12 RAPs seleccionados, determinados por análisis en especies concretas. Para radionucleidos artificiales se destacó que existe mucha información procedente de FASSET, ERICA o la OIEA, la cual puede ser utilizada por el C5. Hay un TG conjunto IUR-OIEA que está tratando este tema.

- *Bases de datos sobre dosis-efectos.* A. Real presentó el trabajo realizado en los proyectos europeos FASSET y ERICA y la base de datos FRED, resaltando donde se encuentran las principales lagunas de conocimiento. J. Pentreath resumió algunos datos existentes y destacó que el objetivo del C5 es examinar todos los datos disponibles sobre animales y plantas tanto sobre efectos estocásticos como deterministas. Destacó la importancia de contactar con los integrantes del C1 de ICRP para que ayuden a C5 en el análisis de los datos más relevantes. Será extremadamente útil determinar que generalidades se pueden describir sobre los efectos de la radiación entre los distintos mamíferos, incluyendo a los humanos. A. Real recogerá, analizará y resumirá la información existente sobre los efectos biológicos en el grupo de RAPs.

- *Términos, definiciones, magnitudes y unidades.* Los miembros del C5 estuvieron de acuerdo en que si bien es un tema relevante, considerando todas las fuentes de incertidumbre existentes, el tema de valores de RBE no es en el momento actual el más significativo o importante, por lo que se propuso posponer el trabajo sobre el tema, pero tendrá que ser tratado en los próximos años.

- *Aplicación de la aproximación RAP y su relación con otras aproximaciones a nivel nacional e internacional.* F. Brechignac, A. Johnston y M. Doi pro-

porcionaron información sobre las necesidades que podrían derivarse de la aproximación RAP. Se va a crear un grupo de trabajo, liderado por F. Brechignac, para examinar los aspectos comunes y la relevancia que pueden tener otras aproximaciones para la protección del medio ambiente con la aproximación de ICRP, con objeto de asegurar que no existe incompatibilidad entre ellas o que existen diferencias justificables. Adicionalmente, se mantendrá un contacto estrecho con el C4, encargado de las relaciones de ICRP con otras instituciones.

- *Borrador de las nuevas recomendaciones de ICRP.* El C5 piensa que el último borrador de las recomendaciones no describe un objetivo y un propósito claro en el caso de la protección del medio ambiente, que es demasiado defensivo, negativo y vago en cuanto a su aplicación y está fuera de lugar respecto a las actividades actuales de ICRP. Es necesario establecer un objetivo general (mantener la biodiversidad biológica, asegurar la conservación de las especies y proteger la salud y el estado de comunidades y hábitat naturales), tal y como ya se hizo en la publicación ICRP 91.

La ICRP debe reconocer que estos objetivos generales pueden alcanzarse de formas diferentes, que la radiación ionizante puede ser un problema de menor o mayor consideración a la hora de alcanzar dichos objetivos, dependiendo de las circunstancias, y que es necesario ser realista en cuanto a la dimensión del tema a la hora de tratar de alcanzar los objetivos. Además, hay nuevas necesidades de recomendaciones procedentes de organizaciones internacionales o de algunos organismos nacionales sobre la protección del medio ambiente. Hay una falta actual de consistencia en cuanto a como abordar estos temas a nivel nacional e internacional. Sin embargo, la ICRP también debe reconocer que dichas necesidades no surgen de ninguna preocupación especial sobre los posibles efectos de la radiación en el medio ambiente. Por tanto, debería desarrollarse un sistema para evaluar la exposición a radiación y los efectos en especies no humanas que pueda ser aplicado a situaciones normales existentes y a emergen-

cias; que pudiera ser utilizado como base para planificar, para operaciones que en la actualidad se están realizando, y para análisis retrospectivos; y que sirva como punto de referencia para aproximaciones internacionales o nacionales para la protección del medio ambiente de una manera abierta y transparente.

El C5 celebrará su próxima reunión en agosto de 2006.

Almudena Real
Miembro del Comité 5 de la ICRP

Resumen de la Reunión del Grupo de Trabajo sobre Exposiciones Médicas (ART. 31 EURATOM)

Luxemburgo, 3-4 octubre 2005

Uno de los temas principales de la reunión ha sido avanzar en la elaboración de las condiciones técnicas de los cinco contratos aprobados por la Administración de la Dirección General de Energía y Transporte de la Comisión Europea (CE) para el área de exposiciones médicas.

Asisten expertos designados por los siguientes países: Alemania, Francia, Hungría, Irlanda, República Checa, Holanda (Ciska Zuur que preside la reunión), Finlandia y España. La CE está representada por Jochen Naegele (que actúa como secretario) y Klaus Schnuer.

Los representantes de la CE informaron que de los cinco proyectos aprobados para el área de exposiciones médicas, sólo se podrán convocar en los próximos meses, además del de pediatría, el de aceptabilidad de instalaciones radiológicas y el de actualización de la Guía 118 sobre "Referral Criteria" (indicación de exposiciones médicas para fines diagnósticos). En cualquier caso habrá retrasos sobre el calendario previsto inicialmente, por problemas administrativos.

Los otros contratos de auditoría clínica y la base de datos de accidentes e incidentes quedan retrasados para el segundo semestre de 2006, pero en ningún caso se cancelarán.

Se discutió la organización del segundo seminario sobre Exposiciones Médico Legales a celebrar en Dublín (fecha prevista: septiembre de 2006). Los representantes de la CE expresan sus reservas sobre la posibilidad de mantener esta fecha.

Se analizó la situación de la segunda versión de la Guía 118 ("Referral Criteria") que debería estar ya a disposición de los Estados miembros en la WEB de la Unidad de PR al menos en su versión en inglés. Para la próxima reunión se dará información sobre este documento.

En la Agenda de la reunión se incluyeron varios temas que sugirió el Grupo de Expertos del Art 31. Se acuerda aportar información inicial por parte de los miembros del Grupo de Trabajo sobre la infraestructura sanitaria existente en los países de origen, para los casos de emergencias radiológicas. Posteriormente se podría proceder a una petición más formal a través del Grupo de Expertos del Art 31. Ese mismo planteamiento se hace para los datos existentes sobre dosis derivadas de exposiciones médicas. Se debe aportar la información existente y posteriormente se planteará una posible petición formal a los Estados miembros desde la CE o desde el Grupo del Art 31.

Se trató también el tema de la armonización de los Expertos en Física Médica. E. Vañó recordó los antecedentes: contactos informales con la EFOMP (Federación Europea de Sociedades de Física Médica) para conocer la existencia de algún estudio previo, y la necesidad planteada en reuniones previas, de elaborar una Guía Europea. Se acuerda dar prioridad de este tema.

Otro de los temas por los que se interesó el Grupo de Trabajo fue por la aplicación de la Guía 116 sobre formación en PR para las exposiciones médicas. E. Vañó informó de la situación en España y de las acciones en marcha para incluir esa formación en varias especialidades médicas. Se acordó solicitar información a los Estados miembros sobre este tema.

Se trató la posible revisión de las Normas Básicas de Seguridad (Directiva de 1996) y la conveniencia de plantear posibles cambios en la Directiva de Exposiciones Médicas. Parece que las

nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) no van a requerir cambios sustanciales.

Se comentó el contenido del documento publicado por el OIEA sobre "Auditoría en Radioterapia" y se destaca su potencial interés para la futura Guía Europea.

Profesor Eliseo Vañó

Publicados los resultados del mayor estudio epidemiológico realizado hasta el momento en trabajadores de la industria nuclear

El 9 de julio de 2005 el British Medical Journal publicó el trabajo "Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries" de Cardis y colaboradores. El objetivo de dicho estudio era proporcionar estimaciones directas del riesgo de cáncer tras exposiciones crónicas a dosis bajas de radiación ionizante y con ello fortalecer las bases científicas de los estándares de protección radiológica para exposiciones medioambientales, ocupacionales y de diagnóstico en medicina. El estudio retrospectivo de mortalidad por cáncer en cohortes multinacionales, incluyó trabajadores de la industria nuclear de 15 países. Se consideraron un total de 407.391 trabajadores monitorizados de forma individual para radiación externa, con un seguimiento total de 5,2 millones de persona-años. En el estudio se realizaron estimaciones del exceso de riesgo relativo por sievert (Sv) de radiación para mortalidad debida a cánceres diferentes a leucemia, así como debidos a leucemia exceptuando leucemia linfocítica crónica. Los resultados del estudio rindieron valores de exceso de riesgo relativo para cánceres distintos a leucemia de 0,97 por Sv (Intervalo 95% confianza 0.14-1,97). Los análisis de causas de muerte relacionadas o no relacionadas con el hábito de fumar indicaron que, si bien este hábito puede suponer un factor de

confusión, es poco probable que justifique por sí solo el exceso de riesgo observado. El exceso de riesgo relativo para leucemias, excluyendo leucemia linfocítica crónica, era de 1,93 por Sv (<0-8.47). Sobre la

base de estas estimaciones, un 1-2% de las muertes de cáncer en esta cohorte de trabajadores puede ser atribuido a radiación. Los autores concluyen que las estimaciones realizadas, en el mayor estudio de trabajadores de la industria nuclear jamás realizado, son mayores aunque estadísticamente compatibles que las estimaciones de riesgo usadas para los actuales estándares de protección radiológica. Los resultados sugieren que hay un pequeño exceso de riesgo de cáncer, incluso a las dosis y tasas de dosis bajas típicamente recibidas por los trabajadores de la industria nuclear incluidos en el estudio.

El artículo completo puede descargarse desde la página del British Medical Journal:

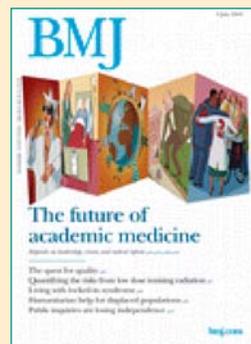
(<http://www.bmj.com/content/vol331/issue7508/>).

Comité de Redacción

Relación Dosis-Efecto y Estimación del Efecto Carcinogénico de las Bajas Dosis de Radiación Ionizante

Informe conjunto de la Academia de Ciencias de París y de la Academia Nacional de Medicina

Este informe de marzo de este año 2005 muy documentado, cuestiona la validez de la relación lineal sin umbral dosis-efecto (la hipótesis LNT) para estimar el riesgo carcinogénico o cancerígeno de las bajas dosis de radiación ionizante contrariamente al recientemente publicado informe BEIR VII de julio de



2005. El informe conjunto de las academias francesas puede descargarse de www.academie-medecine.fr/actualites/rapports.asp.

La tesis esgrimida en el informe se resume a continuación.

Los estudios epidemiológicos han sido y siguen siendo utilizados para estimar el posible efecto carcinogénico de las bajas dosis de radiación ionizante por debajo de 100 mSv pero no ha sido posible detectar riesgos estadísticamente significativos aún con grandes cohortes o poblaciones. Por ello el riesgo, si existe, es como mucho pequeño puesto que el límite mayor del intervalo de confianza de estos estudios es relativamente pequeño. Es altamente improbable que pueda estimarse o establecerse el riesgo de cáncer para estas dosis bajas a través de estudios caso-control o de seguimiento de cohortes.

A causa de las limitaciones epidemiológicas el único método para estimar el posible riesgo de cáncer a bajas dosis (< 100 mSv) es extrapolar de los efectos carcinogénicos observados para dosis entre 0,2 y 3 Sv. Para ello se utiliza la hipótesis LNT que describe la relación entre la dosis y el efecto. Sin embargo la utilización de esta relación para evaluar por extrapolación el riesgo a dosis bajas y muy bajas debe emplearse con gran cautela.

Los datos radiobiológicos más recientes cuestionan la validez de las estimaciones basadas en la hipótesis LNT en el rango de dosis de unas pocas decenas de mSv lo que lleva a cuestionar la hipótesis en las que está basada, a saber; 1) constancia de la probabilidad de mutación por unidad de dosis independientemente de la dosis o de la tasa de dosis, 2) independencia del proceso carcinogénico que tras su inicio en una célula progresa de igual forma sin importar el número de lesiones presentes en células vecinas y en el tejido.

De hecho, 1) los avances en radiobiología han mostrado que una célula no se ve afectada de forma pasiva por la acumulación de lesiones causadas por la radiación ionizante. Reacciona al menos a través de tres mecanismos: a) luchando contra los reactivos radicales libres, b) eliminando células dañadas (mutadas o inestables) a través a su vez de dos mecanismos: i) apoptosis que se

inicia a dosis tan bajas como pocos mSv, ii) muerte de la célula durante la mitosis cuando las lesiones no han podido ser reparadas (recientes trabajos sugieren que existe un umbral de daño por debajo del cual bajas dosis y tasa de dosis no activan los mecanismos de comunicación intracelular y los sistemas de reparación dando como resultado la muerte de la célula), c) estimulando o activando los sistemas de reparación del DNA tras dosis ligeramente superiores a unas decenas de mSv. Además los sistemas de comunicación intercelular informan a una célula sobre la presencia de un daño en una célula vecina. Los modernos sistemas de análisis transcripcional de genes usando la tecnología de la microselección revelan que muchos genes se activan tras dosis mucho más bajas que aquellas necesarias para que se produzca la mutagénesis. Estos métodos han sido una fuente considerable de progreso al mostrar que dependiendo de la dosis y de la tasa de dosis no se transcriben los mismos genes.

Para dosis menores de unos pocos mSv (< 10 mSv) las lesiones se eliminan por desaparición de la célula dañada. Para dosis ligeramente mayores que afectan a un mayor número de células (y capaces por tanto de dañar al tejido) se activan los sistemas de reparación. Permiten que la célula sobreviva pero generan errores de reparación y lesiones irreversibles. Para dosis pequeñas (< 100 mSv) la extensión de los errores mutagénicos es pequeña pero su relativa importancia por unidad de dosis aumenta con la dosis y la tasa de dosis. La duración de la reparación varía con la complejidad del daño y su magnitud. Se ven involucrados algunos sistemas enzimáticos pero la alta densidad local de daño al DNA puede reducir su eficacia. Para bajas tasas de dosis la probabilidad de error en la reparación del DNA es pequeña.

La modulación de los sistemas de defensa celular en función de la dosis y tasa de dosis, el tipo y número de lesiones, la condición fisiológica de la célula y el número de células afectadas explica las grandes variaciones de radiosensibilidad (variación en la mortalidad celular o en la probabilidad de mutaciones por unidad de dosis) observadas dependiendo de la dosis y de la

tasa de dosis. Diversos fenómenos también demuestran la variación en los mecanismos de defensa celular: hipersensibilidad inicial de la célula durante la irradiación, variaciones rápidas de radiosensibilidad tras cortas pero intensas irradiaciones a tasa de dosis muy altas, respuestas adaptativas que conllevan una disminución en la radiosensibilidad de la célula durante horas o días tras una primera baja dosis de radiación pre-condicionante, etc.

2) Más aún, se ha creído que la radiocarcinogénesis se iniciaba a causa de las lesiones en el genoma que afectaban de forma aleatoria a unos pocos genes específicos (proto-oncogenes, genes supresores, etc.). Este modelo relativamente simple que proporciona el marco teórico para el uso de la LNT ha sido sustituido por otro más complejo que incorpora lesiones genéticas y epigenéticas y en el que la relación entre la célula iniciadora y su microambiente juega un papel esencial. Este proceso carcinogénico se contrarresta por los mecanismos efectivos de defensa de la célula, del tejido y del organismo. Con respecto al tejido, los mecanismos que gobiernan la embriogénesis y la reparación directa del tejido tras el daño parece que juegan también un importante papel en la proliferación celular. Esto es particularmente importante cuando la célula dañada esta rodeada de células sanas. Estos mecanismos pueden explicar la menor eficacia de la irradiación no homogénea así como la ausencia de efecto cancerígeno en humanos y en animales experimentales contaminados con pequeñas cantidades de emisores alfa. Estos últimos datos sugieren la existencia de un umbral. La interacción entre células también puede ayudar a explicar las diferencias entre la probabilidad de la carcinogénesis en función de los tejidos y de la dosis, puesto que la muerte de un gran número de células desorganiza el tejido y favorece el escape de células iniciadoras del control tisular.

3) Los sistemas de inmunovigilancia son capaces de eliminar clones de células transformadas como se ha visto con el trasplante de células tumorales. La eficacia de la inmunovigilancia también se ha demostrado por el gran incremento en la incidencia de varios tipos de cánceres entre personas inmunodepremi-

das (parece existir una vía de enlace entre un defecto en la reparación del DNA (NHEJ) y la inmunodeficiencia)

Todos estos datos sugieren o bien una menor eficacia de las bajas dosis en su efecto cancerígeno o de la existencia en la práctica de un umbral que puede referirse a que las bajas dosis no son capaces de activar suficientemente la señalización celular y por tanto los mecanismos de reparación del DNA o a una asociación entre apoptosis, reparación sin error e inmunovigilancia. Sin embargo sobre la base del conocimiento actual no es posible definir el nivel del umbral (¿entre 5 y 50 mSv?) o proporcionar una evidencia de él: la estimulación de los mecanismos de defensa celular, en particular para anular el efecto de los radicales libres. De hecho un meta-análisis de datos experimentales en animales muestra que en el 40% de estos estudios existe una disminución en la incidencia de cánceres espontáneos en animales tras una irradiación a bajas dosis. Esta observación ha sido pasada por alto hasta ahora por la dificultad de explicar este fenómeno.

Estos datos muestran que no está justificado el uso de la relación lineal sin umbral para evaluar el riesgo carcinogénico a bajas dosis sobre la base de las observaciones realizadas en el rango de dosis entre 0,2 y 5 Sv puesto que para el mismo incremento de dosis, la eficacia biológica varía en función de la dosis total y de la tasa de dosis. Por ello la conclusión del informe está en franca contradicción con la de otros autores que justifican un uso de la LNT por los siguientes argumentos:

1. Para dosis por debajo de 10 mGy no existe interacción entre los diversos eventos físicos que se inician a lo largo de las trazas electrónicas en el DNA o en la célula.

2. La naturaleza de las lesiones causadas y la probabilidad de una reparación libre de error y la eliminación de las células dañadas por muerte celular nunca están influenciadas por la dosis ni por la tasa de dosis.

3. El cáncer es la consecuencia aleatoria directa de una lesión en el DNA de una célula apta para dividirse y la probabilidad de que la célula iniciadora desarrolle un cáncer no está influen-

ciada por el daño en células o tejidos vecinos.

4. El modelo LNT ajusta correctamente la relación dosis-efecto para la inducción de tumores sólidos en la cohorte de Hiroshima y Nagasaki.

5. El efecto cancerígeno en humanos por dosis en el orden de 10 mGy está probado a resultas de estudios de irradiación "in utero".

El primer argumento se refiere a los sucesos físico-químicos iniciadores que son proporcionales a la dosis; sin embargo la naturaleza y eficiencia de las reacciones de defensa celular que se activan, varían con la dosis y con la tasa de dosis. El segundo argumento se contradice con recientes estudios radiobiológicos considerados en el informe francés. El tercer argumento no tiene en cuenta recientes hallazgos sobre la complejidad del proceso cancerígeno y el papel particular de las relaciones intercelulares y el estroma. Con respecto al cuarto argumento, hay que hacer notar que además de la LNT hay otros tipos de relaciones dosis-efecto que también son compatibles con los datos de los tumores sólidos en los supervivientes de las bombas atómicas y que también ajustan satisfactoriamente resultados epidemiológicos que son incompatibles con el concepto de la LNT, en particular la incidencia de leucemia en este colectivo. Además teniendo en cuenta los últimos datos disponibles, la relación dosis-efecto para tumores sólidos en los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki no es lineal sino curvilínea entre 0 y 2 Sv. Más aun, aunque se demostrara que la relación dosis-efecto fuera lineal para tumores sólidos entre, por ejemplo, 50 mSv y 3 Sv, no sería posible una generalización porque los datos experimentales y clínicos muestran que la relación dosis-efecto varía considerablemente según el tipo de tumor y la edad del individuo en el momento de la irradiación. Las relaciones globales y empíricas observadas para los tumores sólidos son la consecuencia de la suma de relaciones que pueden ser muy diferentes en función del tipo de cáncer, por ejemplo, algunas son lineales o cuadráticas con umbral o sin él.

Finalmente y con respecto a la irradiación in utero, se debe tener gran pru-

dencia y cautela debido a algunas inconsistencias entre los datos disponibles antes de concluir la existencia de una relación causal de datos que solo muestran una simple asociación. Además es altamente cuestionable el extrapolar del feto al niño y al adulto, dado que el estado de desarrollo, las interacciones celulares y los sistemas de control inmunológico son muy diferentes.

En conclusión, el informe levanta dudas sobre la validez de usar la relación LNT para evaluar el riesgo cancerígeno de las bajas dosis (< 100 mSv) de radiación ionizante y más aún para dosis más bajas (< 10 mSv). El informe no obstante reconoce la utilidad del concepto LNT como herramienta para el desarrollo de la normativa en protección radiológica para dosis por encima a 10 mSv, aunque como no está basada en conceptos biológicos del conocimiento actual no debe usarse imprudentemente para evaluar por extrapolación los riesgos asociados con las dosis y más aún con las muy bajas dosis de radiación (< 10 mSv), especialmente para las evaluaciones de riesgo-beneficio impuestas a los radiólogos por la Directiva Europea 97-43. Los mecanismos biológicos son diferentes para dosis del orden de unas pocas decenas de mSv de los de dosis más altas. Los riesgos potenciales en el rango de dosis de los exámenes radiológicos (0,1 a 5 mSv y hasta 20 mSv para algunos de ellos) deben estimarse teniendo en cuenta datos radiobiológicos y experimentales. Una relación empírica que haya sido validada para dosis mayores de 200 mSv puede conducir a una sobreestimación del riesgo si se emplea para dosis del orden de 100 veces menor y esta sobreestimación puede desanimar a pacientes a hacerse útiles pruebas radiológicas e introduce un bias negativo en las medidas de protección radiológica para dosis muy bajas.

Reguladores y otros órganos de decisión enfrentados con los problemas de los residuos radiactivos o con el riesgo de la contaminación deberían volver a examinar la metodología empleada para evaluar los riesgos asociados con dosis muy bajas y con dosis recibidas a una tasa muy pequeña. El informe también confirma lo inapropiado del concepto de la dosis colectiva para evaluar

los riesgos radiológicos en una población expuesta.

Menos mal que este informe reconoce la utilidad de la relación LNT en la práctica y en la normativa de la protección radiológica. A modo de ejercicio mental es fácil darse cuenta de las consecuencias prácticas en el caso de que se demostrara que la LNT no responde a la evidencia radiobiológica. La dosimetría prácticamente no sería posible puesto que el efecto de una dosis cualquiera de radiación dependería de la dosis acumulada hasta ese momento y aunque fuera posible diseñar dosímetros no lineales el parámetro a controlar sería la dosis vida que sería entonces el único límite de dosis posible. La protección radiológica sería muy difícil de ejercer puesto que para la misma dosis potencial a recibir el efecto no sería el mismo dependiendo de la dosis ya recibida. Si no existiera la relación LNT habría que inventarla.

Eduardo Sollet

BEIR VII: Riesgos para la Salud de exposiciones a niveles bajos de radiación ionizante

Este informe es el séptimo de una serie de publicaciones de las Academias Nacionales de los EE.UU. con respecto a los efectos a la salud de las radiaciones y tiene por nombre Biologic Effects of Ionizing Radiation, BEIR (Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante). El informe se puede ojear así como descargar dos resúmenes del mismo, uno breve y otro más extenso desde <http://books.nap.edu/catalog/11340.html>.

Este informe BEIR VII se centra en los efectos en la salud de dosis bajas de radiación ionizante de baja transferencia lineal de energía (LET) como son los rayos X y la radiación gamma. En este informe se definen como dosis bajas de radiación aquellas que no superan 100 mSv de radiación de baja LET. Este informe, publicado en junio de 2005, actualiza la información contenida en el informe BEIR V publicado en 1990.

Se debe resaltar que el informe BEIR VII proporciona estimaciones tanto de la mortalidad por cáncer como de incidencia (incluyendo cánceres no mortales), mientras los que informes previos BEIR solo incluían datos de mortalidad por cáncer.

Los principales temas tratados en el informe BEIR VII son:

• **Modelo de riesgo "lineal sin umbral".**

El informe BEIR VII concluye que la evidencia científica actual es consistente con la hipótesis de que a dosis bajas hay una relación dosis-respuesta lineal entre la exposición a la radiación y el desarrollo de tumores sólidos en humanos. Es poco probable que exista una dosis umbral por debajo de la cual no haya incidencia de cáncer, si bien a dosis bajas el número de cánceres inducidos por la radiación será muy pequeño. Hay dos hipótesis que compiten con la "lineal sin umbral". Una de ellas postula que las dosis bajas de radiación son más dañinas de lo que predice el modelo lineal sin umbral. BEIR VII considera que el conjunto de resultados disponibles sobre efectos sobre la salud de la radiación no apoya esta hipótesis. La otra hipótesis postula que los riesgos son menores de los estimados por el modelo lineal sin umbral o que las dosis bajas de radiación pueden incluso ser beneficiosas. El informe concluye que la información disponible indica mayoritariamente que no puede descartarse la existencia de algún riesgo incluso a dosis bajas de radiación aunque éste riesgo es en todo caso pequeño.

• **Desarrollo de "modelos de riesgo".**

Esta fue una tarea importante del Comité BEIR VII, con objeto de poder estimar el riesgo de que un individuo expuesto desarrolle un cáncer. Esta tarea requería expresar la dependencia del riesgo con la dosis, pero también con el sexo y la edad en el momento de la exposición. Los supervivientes japoneses de las bombas atómicas siguen siendo la principal fuente de información aunque también se han tenido en cuenta datos de estudios epidemiológicos. De hecho para la estimación de los riesgos de cáncer de mama y tiroides, se han combinado los datos de los supervivientes ja-

poneses con los de personas irradiadas por tratamientos médicos. También se han analizado datos de estudios médicos y de los trabajadores de la industria nuclear y ambos son compatibles con los modelos del BEIR VII. El informe proporciona estimaciones de riesgo de cáncer para 11 localizaciones específicas.

Los modelos desarrollados por el Comité estiman que aproximadamente un individuo entre 100 es de esperar que desarrolle un cáncer (sólido o leucemia) tras una exposición a 100 mSv, mientras que para ese mismo grupo de personas, 42 de ellas desarrollarán cáncer por otras causas diferentes a la radiación. Menores dosis de radiación darían lugar a riesgos proporcionalmente más bajos. Así por ejemplo, de 1.000 personas que recibieran una dosis de 10 mSv sería de esperar como mucho que solo una de ellas desarrollara un cáncer. La siguiente tabla muestra la mejor estimación del riesgo radiológico atribuible para toda la vida de incidencia y mortalidad por todos los tipos de cánceres sólidos y por leucemia hecha por BEIR VII para una población de 100.000 personas expuestas a una dosis de 100 mSv.

• **Riesgo de efectos hereditarios.**

El seguimiento de 30.000 hijos de los supervivientes de las bombas atómicas ha demostrado al ausencia de efectos genéticos adversos significativos. Durante los últimos 10 años ha habido grandes avances en nuestro entendimiento de la naturaleza molecular y de los mecanismos subyacentes de las enfermedades genéticas de aparición espontánea y de las mutaciones inducidas por la radiación en organismos experimentales. Los riesgos estimados incluidos en el informe incorporan todos estos avances. El informe concluye que a dosis bajas o exposiciones crónicas de radiación de baja LET, el riesgo de efectos hereditarios adversos en niños concebidos después de que sus padres hayan estado expuestos radiación es muy pequeño comparado con la frecuencia basal de enfermedades genéticas en la población. En BEIR VII se estima que no es de esperar un aumento de efectos hereditarios adversos en una población de alrededor de 30.000 niños (la población de niños analizada en

	Todos los Cánceres Sólidos		Leucemia	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Número de casos adicionales (incluyendo los cánceres no mortales) para una exposición de 100 mSv	800 (400-1600)	1300 (690-2500)	100(30-300)	70 (20-250)
Número de casos en ausencia de la exposición	45.000	36.900	830	590
Número de muertes adicionales por la exposición de 100 mSv	410 (200-830)	610 (300-1200)	70 (20-220)	50 (10-190)
Número de muertes en ausencia de la exposición	22.100	17.500	710	530

La tabla muestra el número estimado de casos de cáncer y muertes esperables de una población de 100.000 personas (con una distribución de edad similar a la del conjunto de la población de los EE.UU) expuestas a una dosis de 100 mSv. Los valores de las estimaciones se acompañan de los intervalos de confianza subjetivos al nivel del 95% indicados entre paréntesis para reflejar las más importantes fuentes de incertidumbre como son la variación estadística, la cuantificación del riesgo para bajas dosis y tasas de dosis y el traslado del datos de una población japonesa a una de los EE.UU. A modo de comparación, también se incluye el número esperado de muertes en ausencia de la exposición.

Hiroshima y Nagasaki). Una razón para que los riesgos genéticos sean tan bajos es que solo aquellos cambios genéticos compatibles con el desarrollo embrionario y la viabilidad se manifestarán en los niños nacidos.

• Otros efectos sobre la salud.

Se han descrito otros efectos sobre la salud diferentes del cáncer, en particular enfermedades cardíacas en personas expuestas a dosis altas de radiación por motivos terapéuticos y a dosis moderadas como las de los supervivientes japoneses de las bombas atómicas. Sin embargo no hay evidencias directas de un aumento del riesgo de enfermedades diferentes al cáncer a dosis bajas, y los datos disponibles no son adecuados para estimar el riesgo de estas enfermedades si es que este riesgo existe. También se ha visto que las exposiciones a las radiaciones incrementan el riesgo de algunos tumores benignos, pero los datos son todavía inadecuados para cuantificar este riesgo. Es necesario disponer de más datos antes de poder evaluar si existe correlación entre dosis bajas de radiación y aparición de enfermedades diferentes al cáncer.

El informe BEIR VII también hace hincapié en las necesidades de investigación para el futuro, en lo relativo a:

- Caracterizar los niveles de diversos marcadores moleculares de daño en el ADN tras la exposición a dosis bajas de radiación ionizante.

- Determinar la fidelidad para reparar lesiones en el ADN, especialmente roturas de doble cadena y daños próximos ("clustered") tras dosis bajas de radiación y hasta que punto la capacidad de reparación es independiente de la dosis.
 - Evaluar la relevancia de la respuesta adaptativa, la hipersensibilidad a dosis bajas, los efectos circunstanciales ("bystander") y la inestabilidad genómica en la carcinogénesis radioinducida.
 - Identificar mecanismos moleculares para los efectos horméticos postulados para dosis bajas de radiación.
 - Reducir las actuales incertidumbres sobre el papel específico de la radiación en la formación de tumores.
 - Estudiar los factores genéticos que influyen en la respuesta a la radiación y en el riesgo de cáncer.
 - Estudiar los efectos genéticos hereditarios de la radiación.
 - Continuar con los estudios epidemiológicos en pacientes y trabajadores.
 - Continuar el seguimiento de los afectados por las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, ya que el 45% estaban vivos en el año 2000.
 - Estudios epidemiológicos para complementar los estudios de los supervivientes japoneses, por ejemplo estudios de trabajadores de la industria nuclear y personas expuestas en países de la antigua Unión Soviética.
- Se puede concluir que en general BEIR VII apoya las estimaciones de riesgo previamente publicadas para desarrollo de cáncer tras irradiación, inclu-

yendo leucemia, pero la disponibilidad de nuevos datos han permitido reforzar la confianza en esas estimaciones.

Almudena Real

La Organización internacional de la Energía Atómica galardonada con el Nobel de la Paz

La Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA) de las Naciones Unidas y su máximo responsable, Mohamed ElBaradei, han sido galardonados este año con el premio Nobel de la Paz por sus esfuerzos para limitar la proliferación de las armas atómicas con su continua batalla para detener a los estados y grupos terroristas que poseen bombas atómicas y asegurar el uso de energía nuclear con fines civiles y seguros.

En Viena, ElBaradei dijo que el premio, le daría a él y a su agencia la "inyección de optimismo" que tanto necesitan para afrontar la crisis nuclear de Irán y Corea del Norte.

Líderes mundiales, como Tony Blair y Jacques Chirac, recibieron con agrado el anuncio. El ex presidente soviético Mijail Gorbachov, quien recibió el premio en 1990, alabó a ElBaradei por hacer su trabajo "sólida y responsablemente."

El secretario general de la ONU, Kofi Annan, también galardonado con el premio, lo calificó como "un agradecido recordatorio de la aguda necesidad de progresar en el tema de la no proliferación nuclear y el desarme atómico."

La OIEA ha tenido un éxito menor en medio de las crisis de Irán y Corea del Norte y ElBaradei ha enfrentado las recientes críticas de Estados Unidos y Teherán a sus esfuerzos para investigar el programa nuclear iraní. Washington se opuso a su reasignación para un nuevo período. ElBaradei ganó trascendencia por destacar la inexistencia de armas de exterminio masivo en Irak antes de la invasión liderada por Estados Unidos en el 2003.

El Comité del Nobel dijo que ElBaradei fue un "valiente defensor" de

las medidas para fortalecer las iniciativas contra la proliferación nuclear y expresó la esperanza de que este premio incitaría el trabajo para prohibir las armas atómicas, a 60 años de las bombas de Hiroshima y Nagasaki. "En momentos en que los esfuerzos para el desarme parecen estancados, cuando existe un peligro de que las armas nucleares se extiendan tanto a los estados como a los grupos terroristas, y cuando el poder nuclear nuevamente parece estar jugando un papel cada vez más significativo, la labor de la OIEA es de una importancia incalculable," dijo el comité.

El premio, que comenzó a entregarse en 1901 y que lleva el nombre del filántropo sueco Alfred Nobel, fue entregado a la OIEA y a ElBaradei el 10 de diciembre en Oslo.

Comité de Redacción

Revisión sobre los potenciales efectos genotóxicos de las señales de teléfonos móviles

La Comisión de Protección Radiológica (SSK) del Ministerio Federal Alemán del Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear prepara una revisión sobre efectos genotóxicos de Radiaciones No-Ionizantes (RNI) de radiofrecuencias. En este área el PROYECTO EUROPEO REFLEX es la serie más extensa de investigaciones llevadas a cabo hasta el presente. El grupo de trabajo de la Comisión analizará el Informe Final de REFLEX: "Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards from Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive *in vitro* Methods". Parte de los resultados de REFLEX sobre genotoxicidad han sido publicados este verano en Mutation Research y son indicativos de que radiofrecuencias de telefonía móvil (1800 MHz) podrían provocar incrementos de la frecuencia de micronúcleos así como daños y roturas en cromosomas. ¿Son estos efectos debidos a potenciales artefactos? ¿Son el resultado de efectos térmicos? ¿Es necesario incluir estos potenciales efectos en nuestras consideraciones de

seguridad?. Debido a la relevancia de los datos de REFLEX, el grupo de trabajo asignado por el ministerio alemán ha considerado discutir sobre los resultados y los enfoques experimentales con los investigadores responsables. Con este objetivo se ha organizado un Workshop en el citado Ministerio sobre "Efectos Genotóxicos de Campos de Radiofrecuencias" durante los días 20-21 de septiembre en Bonn.

Los miembros del grupo de trabajo de la Comisión son: El Prof. Dr. F. Meyer-Krahmer (Ministerio Federal para el Ambiente, Bonn) Chairman del grupo de trabajo, el Dr. W. Bornkessel (Institut of Mobile and Satellite Communication Techniques, Kamp-Lintfort), el Prof. Dr. J. Kiefer (Institut of Biophysic, Justus-Liebig-University, Gießen), el PD Dr. L. Klein-Hitpass (Institut of Cellular Biology, Essen) y el Prof. Dr. G. Obe (Dep. of Genetics, Essen Univ., Teltow). Entre los conferenciantes invitados se encuentran los responsables de las investigaciones del Proyecto REFLEX. En representación del grupo español de REFLEX, participó la Dra. M.A. Trillo (Dep. Investigación-BEM, Hospital Ramón y Cajal de Madrid). Las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones resultantes del Workshop serán emitidas en breve y publicadas en un próximo número de esta revista.

Comité de Redacción

Se constituye el "Nuclear Law Group"

La Dra. Diva Puig de Uruguay, ha formado el "Nuclear Law Group" con el fin de establecer un efectivo canal de comunicación entre personas relacionadas con el Derecho Nuclear, y para que sirva de foro para el intercambio de ideas, contribuciones y puntos de vista sobre la materia, sin barreras nacionales ni culturales.

Así, se invita a todos aquellos interesados en formar parte de dicho grupo a que envíen un correo a la dirección: nuclearlawgroup-subscribe@gruposyahoo.com.

Comité de Redacción

Un Homenaje a PABLO

Doctor Pablo Alberto Gisone (1954-2005)

Un profundo pesar ha causado en la comunidad científica la noticia del fallecimiento de nuestro querido amigo y colega, el Dr. Pablo Gisone, ocurrido el día 13 de julio de 2005.



En su rol de médico, de docente y de investigador el Dr. Gisone supo ganarse la amistad y el respeto de sus pares más allá de las fronteras de su país.

El Dr. Gisone nació en la ciudad de Buenos Aires el 26 de junio de 1954. Estudió medicina en la Universidad de Buenos Aires y desde el año 1979 desarrolló una intensa actividad como neonatólogo en el área pública, ejerciendo la medicina asistencial sin dejar nunca de lado la docencia y la investigación.

Desde su ingreso a la CNEA en el año 1989 se dedicó a la Protección Radiológica, profundizando sus estudios sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

Durante su trayectoria por la Autoridad Reguladora Nuclear (ARN) gestó proyectos de trabajo en diversos temas, que consolidaron al Laboratorio de Radiopatología de la institución. Sus aportes han quedado plasmados en numerosas publicaciones científicas y presentaciones en foros nacionales e internacionales.

El Dr. Gisone contribuyó a la difusión de la Radiobiología y la Radiopatología en su país y en la región latinoamericana, a través de la promoción de proyectos de colaboración, la organización de cursos y eventos científicos, bregando siempre por la inserción de América Latina y el Caribe en la comunidad internacional.

A partir de su desempeño como becario del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en el Centro

Internacional de Radiopatología del Instituto Curie de París, gestó un estrecho vínculo científico-técnico con Francia, plasmado en un fructífero intercambio en el marco de distintos acuerdos de cooperación firmados por la Autoridad Reguladora Nuclear con instituciones tales como la Comisión de Energía Atómica (CEA), el Instituto de Radioprotección y Seguridad Nuclear (IRSN) y Electricité de France (EDF). En el año 2004 fue distinguido por el gobierno de Francia con la orden del Caballero de la Palma Académica.

El Dr. Gisone fue coordinador de la red Nacional de Respuesta Médica en Emergencias Radiológicas de la ARN, promotor de la Red Latinoamericana de Radiopatología, consultor del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y director de la sede argentina de la Red de Respuesta Médica en Emergencias Radiológicas de la Organización Mundial de la Salud (REMPAN/WHO).

Fue miembro de la Sociedad Argentina de Pediatría, Sociedad Argentina de Investigación Clínica, Sociedad Argentina de Radioprotección, Sociedad Francesa de Radioprotección, Sociedad Internacional de Radicales libres y Asociación Internacional de Radiopatología.

Pablo nos enriquecía con su presencia, no sólo en el terreno de las discusiones técnicas sino también por sus conocimientos en materia de historia, música, filosofía y poesía, que compartía con gran entusiasmo y generosidad.

En fin, Pablo fue un hombre inteligente, sensible, solidario, profundamente humano, conciliador entre amigos y luchador entre colegas. Supo contagiarnos su espíritu crítico, creativo e inquieto a quienes tuvimos la suerte de compartir con él su vida profesional y su amistad.

Lamentablemente, el destino quiso que su vida se apagara cuando tenía aún mucho por hacer. Hemos perdido un amigo, un compañero y un profesional destacado. De ahora en más, debemos seguir adelante sin Pablo, sin contar con su entusiasmo y su carisma, pero con el firme compromiso de continuar su tarea.

David Cancio

Fallece Sir Richard Doll

Medalla de oro de Protección Radiológica de la Real Academia Sueca de las Ciencias

El 24 de julio de 2005 fallecía a los 92 años Sir Richard Doll, mundialmente conocido porque en los años 50 estableció por primera vez una asociación causal entre el hábito de fumar y el cáncer de pulmón. Realizó asimismo una importante labor investigadora en el ámbito de la protección radiológica, destacando que fue el primero en encontrar evidencias epidemiológicas a favor del modelo lineal sin umbral, para la relación dosis respuesta tras exposición a radiación.

Sir Richard Doll nace en 1912 en Hampton, Inglaterra. En 1937 se gradúa en el St Thomas's Hospital Medical School de Londres. Comienza a trabajar en el Medical Research Council en 1946, donde es nombrado Director de la Unidad de investigación estadística en 1961. Desde 1969 trabajó en la

Universidad de Oxford.

Ha ganado incontables premios como el de las Naciones Unidas de investigación contra el cáncer en 1962 o la medalla de oro de la Sociedad Europea contra el Cáncer en 2000. Ha recibido títulos honoríficos de 13 universidades del mundo. Todos aquellos que asistieron al congreso IRPA 11, celebrado en mayo de 2004 en Madrid, tuvieron la oportunidad de ver y escuchar a Sir Richard, al que se le entregó la medalla de oro de Protección Radiológica de la Real Academia Sueca de las Ciencias.

La comunidad científica y en particular los profesionales de la protección radiológica han sufrido una gran pérdida con la marcha de Sir Richard Doll.



Comité de Redacción

PUBLICACIONES

PUBLICACIONES OIEA

Determinación de la dosis absorbida en radioterapia de haces externos. Un Protocolo internacional para la dosimetría basada en patrones de dosis absorbida en agua.

Technical Reports Series No. 398

Este Código de Práctica, que también ha sido refrendado por WHO, PAHO y ESTRO, satisface la necesidad de una aproximación unificada, sistemática e internacional, a la calibración de cámaras de ionización en términos de dosis absorbida en agua para haces de radiación usados en radioterapia.

Proporciona una metodología para la determinación de dosis absorbida en agua en haces de fotones de baja, media y alta energía, haces de protones y haces de partículas pesadas, usados para terapia de radiación externa.

STI/DOC/010/398.

ISBN 92-0-302005-5, Español.

Publicado el 12 de Agosto de 2005

Tamaño del documento: 1790 KB

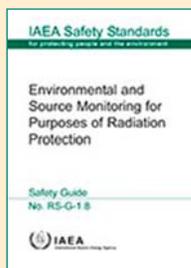
Documento descargable en:

www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS_398_web.pdf.



Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection Safety Guide

Safety Standards Series No. RS-G-1.8



El objetivo de esta guía de seguridad es proporcionar una orientación internacional coherente con los principios de protección radiológica actuales y los requerimientos de seguridad del OIEA, sobre la estrategia de la vigilancia radiológica en relación a (a) el control de las descargas de radionucleidos en las prácticas y (b) en intervención como en el caso de emergencias nucleares y radiológicas o en zonas contaminadas en el pasado con radionucleidos de vida larga.

El propósito de este informe es doble: por un lado proporcionar una guía a los Laboratorios de Dosimetría de Patrones Secundarios (SSDLs) sobre cómo establecer un patrón de dosis absorbida en agua en haces de rayos gamma de Co-60, y por otro lado, proporcionar pautas a los físicos clínicos sobre los cambios que pueden esperarse cuando los TRS 398 de OIEA sean adoptados en un entorno hospitalario en lugar de otro código de práctica basado sobre patrón de kerma en aire.

STI/PUB/1216.
ISBN 92-0-113404-5,
English. Publicado en 2005.
Tamaño del documento 1064 KB
Documento descargable en:
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1216_web.pdf

Implementation of the International Code of Practice on Dosimetry in Radiotherapy (TRS 398): Review of Testing Results

IAEA TECDOC Series No. 1455

IAEA-TECDOC-1455.

ISBN 92-0-10005-4, English.
Publicado el 12 de Agosto de 2005.
Tamaño del documento: 1272 KB
Documento descargable en:
www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1455-web.pdf

Optimization of the Radiological Protection of Patients: Image Quality and Dose in Mammography (Coordinated Research in Europe)

IAEA TECDOC Series No 1447

A la vista del vasto potencial de la mamografía como modalidad de imagen para conseguir la detección precoz del cáncer de mama, y las recomendaciones de varias organizaciones nacionales e internacionales para conseguir la optimización en mamografía, la OIEA inició en 1999 un Proyecto Coordinado de Investigación. Este proyecto fue limitado a seis países en Europa del Este. El propósito fue acceder a la situación en que se encontraban para conocer la calidad de imagen y la dosis a paciente, identificar las acciones necesarias para llegar a una situación optimizada, aplicar acciones correctoras y evaluar el impacto.

AEA-TECDOC-1447, 2005,
ISBN 92-0-102305-7, English.
Publicado el 9 de Junio de 2005.
Tamaño del documento: 1176 KB
Documento descargable en:
www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1447-web.pdf

Protection of the Environment from the Effects of Ionizing Radiation Proceedings of an International Conference held in Stockholm, Sweden, 6-10 October 2003

Proceedings Series

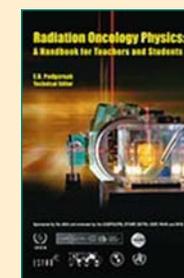
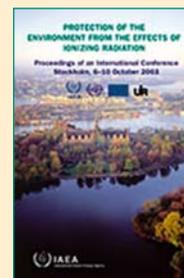
Los materiales radiactivos como contaminantes del medio ambiente deben ser estudiados conjuntamente desde el punto de vista de la exposición del hombre y de las especies no humanas. Esto

se refiere a la reconsideración de la suposición sobre la que se basan los estándares actuales que dice que si el humano está adecuadamente protegido entonces otras especies también estarán adecuadamente protegidas. Este argumento está ahora bajo consideración por todas las organizaciones relevantes en materia de protección radiológica, incluyendo la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR) y el OIEA. La conferencia a la que se refiere esta publicación es la última de una serie de conferencias internacionales sobre protección de la biota frente a la radiación (Estocolmo 1996, Ottawa 1999 y Darwin 2002).

STI/PUB/1229,
ISBN 92-0-104805-X, English.
Publicado en 2005
Tamaño del documento: 4268 KB
Documento descargable en:
<http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PubDetails.asp?pubId=7230>

Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students

Esta publicación va dirigida a estudiantes y profesores implicados en programas de formación de profesionales del área de la radio oncología. Proporciona una revisión del conocimiento básico necesario sobre física médica. Será particularmente útil para estudiantes y residentes de programas de física médica, residentes de radio oncología, así como a estudiantes de programas de dosimetría y tecnología radioterápica. El documento ha sido aprobado por diversas organizaciones internacionales y na-



cionales y el material presentado ya ha sido utilizado para definir el nivel de conocimiento esperado por físico médicos en todo el mundo.

STI/PUB/1196.

ISBN 92-0-107304-6.

Publicado en Agosto de 2005.

Tamaño del documento: 7043 KB

Documento descargable en:

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1196_web.pdf

Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos Edición de 2005 Requisitos de seguridad

*Colección de normas de seguridad
Nº TS-R-1*



El propósito de este reglamento es establecer las normas de seguridad que proporcionen un nivel de control aceptable de los riesgos de la radiación a las personas, las propiedades y el medio ambiente, que están asociadas con el transporte de material radiactivo. Este reglamento aplica al transporte de material radiactivo por cualquier medio de transporte incluyendo el específico utilizado para los materiales radiactivos. El transporte incluye todas las operaciones asociadas involucradas con el movimiento de material radiactivo incluyendo el diseño, la fabricación y el mantenimiento de los embalajes y la preparación, consignación, manipulación, transporte, almacenaje en tránsito y recepción en el destino final del bulto.

STI/PUB/1225.

ISBN 92-0-307405-8.

Versión española.

Publicado el 16 de Septiembre de 2005.

Tamaño del documento: 983 KB

Documento descargable en:

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1225s_web.pdf

ICRP

ICRP Publication 96: Protecting People Against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack.

Este informe reafirma la aplicabilidad de las recomendaciones de la ICRP ya existentes a esta situación. Principalmente está dedicado a los ataques que tienen que ver con los llamados "dispositivos de dispersión radiológica".

Aunque hay muchos aspectos en un ataque radiológico similares a los que existen en los accidentes radiológicos, también existen diferencias. Por ejemplo, lo más probable es que el ataque se produzca en un lugar público, posiblemente en un entorno urbano, donde no se ha anticipado la existencia de radiaciones y no pueden aplicarse las condiciones de dispersión aplicables comúnmente a las emergencias en las instalaciones nucleares.

ISBN: 0080446256, English.

Publicado en 2005

Más información en:

<http://www.icrp.org>

ICRP Publication 94: Release of Patients After Therapy with Unsealed Radionuclides

Después de llevar a cabo algunos procedimientos terapéuticos de medicina nuclear con radionuclidos no encapsulados, puede ser necesario limitar las dosis a terceros, pero es raro el caso después de procedimientos diagnósticos. El I-131 proporciona las mayores dosis al personal médico, público, cuidadores y miembros de la familia del paciente.

Anteriores informes de ICRP mantienen que no hubiese un límite de dosis sino una restricción de dosis relacionada con la fuente para la optimización de unos pocos mSv por caso, aplicado a familiares, visitantes y cuidadores cuando el paciente estaba en su casa. Ahora se recomienda que niños y jóvenes, así como visitantes no implicados directamente en los cuidados o el bienestar del paciente, sean tratados como

miembros del público (es decir, que se an sometidos al límite del público).

El Tc 99m es el que proporciona mayores vertidos al medio ambiente procedente de las excretas de los pacientes de medicina nuclear, pero su corta vida media limita su importancia. La segunda mayor evacuación, la de I-131, puede ser detectada después de usos médicos, pero sin ningún impacto medioambiental medible. El almacenamiento de la orina de pacientes después de la terapia parece proporcionar un beneficio mínimo.

La hospitalización reduce la exposición a familiares y público, pero aumenta la exposición ocupacional. La hospitalización a menudo lleva consigo una significativa carga psicológica, además de económica y de otros costes, que deberían ser analizados y justificados.

Debe mantenerse en el hospital un registro de las características de la terapia con fuentes no encapsuladas y proporcionar a los pacientes instrucciones escritas con medidas cautelares.

ISBN: 008-0445608.

Publicada el año 2005

Más información en:

<http://www.icrp.org>

Radiation Protection

RP 140: Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew

En 1913 el ganador del premio Nobel Victor F. Hess descubrió y describió las radiaciones ionizantes de origen cósmico. El desarrollo tecnológico de la aviación civil, los vuelos supersónicos y los viajes espaciales junto con el mayor conocimiento de la radiación cósmica, motivaron que en 1966 la ICRP considerara los efectos biológicos de la variación de la radiación solar y de la radiación galáctica y recomendará a las tripulaciones aéreas, en algunos casos específicos, medidas preventivas. El las recomendaciones de la ICRP del año 1990 fueron incluidas como exposición ocupacional para las tripulaciones aéreas las exposiciones a la radiación cósmica durante los vuelos de los aviones a reacción. Este documento ha sido preparado por un grupo

específico de EURADOS y contiene las conclusiones de este grupo de trabajo.

Publicada el 1 de Julio de 2005.
Tamaño del documento: 8508 KB
Documento descargable en:
http://europa.eu.int/comm/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/140_en.pdf

NCRP

NCRP Releases Report No. 149, A Guide to Mammography and Other Breast Imaging Procedures

"La mamografía, junto con el reconocimiento médico, es el método de elección para la detección temprana del cáncer de mama. Otros métodos no deben ser sustituidos por la mamografía en diagnóstico o cribado, pero ésta puede ser de gran utilidad añadida en situaciones diagnósticas específicas".

Es la primordial conclusión de una intensa revisión de la práctica mamográfica por un Comité Experto del Consejo de Protección Radiológica.

El Informe constituyen una guía para las prácticas actualmente aceptables para llevar a cabo e interpretar estudios mamográficos, factores técnicos de exposición, recomendaciones sobre equipamiento, y un análisis a fondo de las controversias entre beneficios y riesgos de los programas de cribado mamográfico. El nuevo informe reemplaza el Informe nº 85, publicado en 1986.

El grueso del Informe contiene revisiones detalladas y recomendaciones sobre factores técnicos de la producción y proceso de mamogramas. Se recomienda que se realicen programas de garantía de calidad y auditorías médicas periódicas.

El informe está a la venta en la web, <http://NCRPpublications.org>.

Radiation Protection Dosimetry

Optimisation Strategies in Medical X-Ray Imaging

Radiation Protection Dosimetry, col.

114, núm. 1-3 2005. Número Especial. Publicado 4 de Junio de 2005.

Este número especial de "Radiation Protection Dosimetry" está basado en las contribuciones de la Segunda Conferencia de Malmö sobre Imagen por RX que fué celebrada entre el 23 y 25 de abril de 2004 en el Hospital de la Universidad de Malmö, Suecia.

Los últimos progresos en imagen médica han sido extraordinarios. En los últimos años, todas las tecnologías han dado importantes pasos. La transmisión y

detección de RX es aún la técnica de vanguardia con aplicaciones en radiografía, angiografía, fluoroscopia y exámenes mamográficos. Los RX son también base de los sistemas de tomografía computarizada, que actualmente pueden obtener más de 64 cortes simultáneamente a través del paciente. Este avance (multicorte) facilita la reconstrucción tridimensional de la imagen, haciendo su uso cada vez más atractivo para un amplio rango de pruebas diagnósticas y de cribado.

<http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/reprint/114/1-3/1>

CONVOCATORIAS

2006

FEBRERO

• **Biological Effects of Low Dose of Ionizing Radiation and Radioactive Contamination of the Environment.**

Esta conferencia internacional tendrá lugar del 27 de febrero al 2 de marzo de 2006. Syktyvkar, Rusia. Organizada por el Institute of Biology (Komi Scientific Centre, Ural division of Russian Academy of Sciences) y el Scientific Council on Radiobiology of Russian Academy of Sciences. Más información en: <http://ib.komisc.ru/biorad/en/index.htm>

MARZO

• **5th ISOE European Workshop On Occupational Exposure Management At Nuclear Facilities.**

Del 15 al 17 marzo de 2006. Essen, Alemania. Programa ISOE (Information System on Occupational Exposure).

Más información en: <http://isoe.cepn.asso.fr/newworkshop.html>

ABRIL

• **2006 International High Level Radioactive Waste Management Conference.**

Del 30 de abril al 4 de mayo de 2006. Las Vegas, Nevada, Estados Unidos.

Más información en la página electrónica de la American Nuclear Society: www.ans.org

MAYO

• **Second European Congress of the IRPA: "Radiation Protection: from Knowledge to Action".**

El Segundo Congreso Europeo de la International Radiation Protection Association (IRPA) está organizado por la French Society for Radiation Protection (SFRP). Se abre el plazo de registro en febrero de 2006.

Más información en la dirección electrónica.

<http://www.irpa2006europe.com>

JUNIO

• **Tenth Symposium on Neutron Dosimetry.**

El simposio se celebrará del 12 al 16 de junio de 2006. Uppsala, Suecia.

Más información en:

<http://www-conference.slu.se/neudos10>