

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## ▲ Entrevista:

**Ignacio Lequerica**

Director Técnico de Protección  
Radiológica del CSN

- ▲ **Experiencia de control de calidad en laboratorios de radiactividad ambiental**
- ▲ **Validación de un modelo de eficiencia radiológica de contramedidas aplicables a suelos agrícolas contaminados por radiocesio**
- ▲ **La DARI, una nueva unidad de dosis por radiación**

Nº 26 • Vol. VIII • 2000

# Socios colaboradores de la SEPR



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



**tecnatom, s. a.**





**SOCIEDAD  
ESPAÑOLA  
DE PROTECCIÓN  
RADIOLÓGICA**

www.sepr.es

**Secretaría Técnica**

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

**Junta Directiva**

Presidente: *Ignacio Hernando*

Vicepresidente: *Pedro Carboneras*

Vicepresidente (IX Congreso): *Fernando Legarda*

Secretaria: *María Luisa España*

Tesorero: *Eduardo Gallego*

Vocales: *Juan Manuel Campayo, Antonio Delgado, Belén Hernández, María Jesús Muñoz, Paloma Marchena*

**Comisión de Asuntos Institucionales**

*Leopoldo Arranz, David Cancio, Pío Carmena, Eugenio Gil, Juan José Peña, Montserrat Rivas*

Responsable: *Ignacio Hernando*.

**Comisión de Actividades Científicas**

*Ignacio Amor, Leopoldo Arranz, Josep Baró, Francisco Fernández Moreno, José Hernández Armas, Jerónimo Iniguez, J. Carlos Sáez, Ricardo Torres*

Responsable: *Pedro Carboneras*.

**Comisión de Normativa**

*Asunción Díez, Manuel Fernández Bordes, Joan Font, Rafael García-Bermejo, Andrés Leal, Pilar López Franco, María Teresa Ortiz*

Responsable: *María Luisa España*.

**Comisión de Comunicación y Publicaciones**

*Luis Corpas, José Miguel Fernández, José Gutiérrez, María Teresa Macías, Teresa Navarro, Carlos Prieto, Eduardo Sollet*

Responsable: *Paloma Marchena*.

**Comisión de Asuntos Económicos y Financieros**

*Mercedes Bezares, Juan Manuel Campayo, Jesús de Frutos, Marisa Marco, Patricio O'Donnell, María Teresa Ortiz, Félix Recio*

Responsable: *Eduardo Gallego*.

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Director:** *Eduardo Sollet*

**Coordinadora:** *Paloma Marchena*

**Comité de Redacción**

*José Miguel Fernández Soto, José Gutiérrez, Antonio López Romero, Teresa Navarro y Matilde Pelegrí*

**Comité Científico**

Coordinador: *José Gutiérrez*

*Josep Baró, Pedro Carboneras, Miguel Carrasco, Felipe Cortés, Antonio Delgado, Eugenio Gil, Ignacio Hernando, Jerónimo Iniguez, Luis M. Martín Curto, Pedro Ortiz, Vicente Rius, Francisco J. Ruiz Boada, Angeles Sánchez y Luis M. Tobajas*

**Realización, Publicidad y Edición:** SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: *Matilde Pelegrí*

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid

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

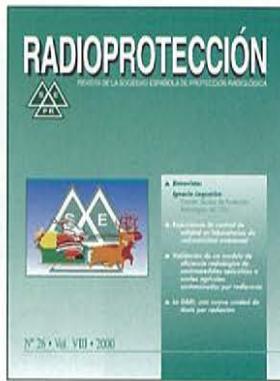
e-mail: senda@sendaeditorial.com

**Impresión:** Neografis, S.L.

**Fotomecánica:** Récord

**Depósito Legal:** 17158

**ISSN:** 1133-1747



**EDICIÓN DICIEMBRE 2000**

La SEPR desea a sus socios y a todos los lectores de RADIOPROTECCIÓN una Feliz Navidad y un Venturoso Año 2001

## S U M A R I O

• Editorial	<b>3</b>
• Noticias	<b>4</b>
- de la SEPR	4
- de España	33
- del Mundo	34
• Entrevista	<b>13</b>
<i>Ignacio Lequerica</i>	
Director Técnico de Protección Radiológica del CSN	
• Colaboraciones	<b>17</b>
- Experiencia de control de calidad en laboratorios de radiactividad ambiental	17
<i>M<sup>ra</sup> Lourdes Romero González y Lucila M. Ramos Salvador</i>	
- Validación de un modelo de eficiencia radiológica de contramedidas aplicables a suelos agrícolas contaminados por radiocesio	24
<i>Milagros Montero, Carmen Vázquez, Montserrat Moraleda y Francisco Claver</i>	
• Nota Técnica	<b>30</b>
- La DARI, una nueva unidad de dosis por radiación	30
<i>Agustín Alonso</i>	
• Publicaciones	<b>37</b>
• Convocatorias	<b>38</b>

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

RADIOPROTECCIÓN • Nº 26 Vol VIII 2000



# DIAGNOSTICO PRECISO, CONECTIVIDAD Y EXPERIENCIA

Sólo una compañía como Fujifilm  
puede ofrecerle estas tres  
características en radiología digital



FUJIFILM ESPAÑA S.A., Departamento de Sistemas Médicos  
Aragón 180, 08011 Barcelona, Tel. 93 451 1515, Fax 93 323 0330  
www.fujifilm.es E-mail: info@fujifilm.es

**FCR 5000**

# Editorial

Conforme a sus estatutos, la SEPR pretende, como primer objetivo, agrupar a quienes desarrollan su actividad profesional en el campo de la Protección Radiológica. Igualmente se propone promover avances en ese ámbito de conocimiento y en el de las ciencias y técnicas relacionadas. Un tercer propósito declarado en sus estatutos es el de divulgar la necesidad y los beneficios de la propia Protección Radiológica. Podría decirse en resumen que se trata de una agrupación de carácter profesional y científico que trata de ofrecer un servicio a la Sociedad global en la que se desarrolla su actividad.

Transcurridos ya veinte años desde su creación, es posible, y probablemente también necesario y saludable, reflexionar sobre la medida en que tales objetivos se van cumpliendo. Es cierto que a lo largo de este tiempo, con el esfuerzo de muchos, nuestra Sociedad ha ido creciendo en número de socios y en actividad. Actualmente se reconoce por la mayoría su proceder profesional y científico y su proyección al exterior se ha ido haciendo más importante a lo largo de los años.

Podemos estar orgullosos del camino andado. Y sin embargo, como sucede con frecuencia, queda mucho por recorrer. El reciente congreso de Maspalomas ha sido, como otros anteriores, la ocasión para que un importante número de socios haya tenido la oportunidad de encontrarse, de compartir experiencias y de intercambiar conocimientos. También de comprobar la vitalidad de la Sociedad y, por qué no, de verificar que existen diferentes puntos de vista y diferentes estrategias para un objetivo esencialmente común. La abundante participación, la calidad de los debates, de las ponencias, de las comunicaciones y de los cursos impartidos arrojan un balance satisfactorio y, más que satisfactorio, prometedor.

En la Asamblea General celebrada durante el congreso, se ha producido el relevo parcial estatutario de la Junta Directiva, que conjuga la necesaria renovación de las personas con el mantenimiento de una línea de actuación razonablemente estable. Es de justicia agradecer el esfuerzo de aquellos que, después de cuatro años de dedicación, ahora la abandonan.

Como también es lógico esperar que quienes en este momento se incorporan a las tareas de dirección de la Sociedad aporten su trabajo, su personal punto de vista, sus ideas y sus iniciativas.

Tales ideas e iniciativas han de enmarcarse necesariamente en un amplio conjunto de proyectos que ya están en marcha y que van a exigir un empeño especial.

El congreso mundial IRPA-11, dentro de no mucho más de tres años en Madrid, será un momento clave, para el que es preciso aunar energías, recursos y voluntades. La colaboración con otros colegas europeos en diferentes foros y asociaciones va a ocupar también una parte de nuestros trabajos. La proyección en el ámbito iberoamericano es ya un rasgo característico de nuestra Sociedad y es necesario prestarle la atención debida.

Y, con proyectos tan importantes en el horizonte, no se puede olvidar en ningún momento que la referencia principal ha de situarse en nuestro entorno más cercano:

Es preciso estar presentes en todas las actividades que en nuestro país tengan que ver con la protección radiológica. Es un hecho que un gran número de instituciones confían en nuestra Sociedad y demandan su colaboración, en forma de asesoramiento científico e independiente. Las personas, socios o no, y las organizaciones, próximas o más lejanas, cuya actividad tiene que ver con el uso de radiaciones ionizantes reclaman a la S.E.P.R. tomas de postura, guías de actuación, foros de debate, propuestas concretas.

Pero la Sociedad es de sus socios. Y uno de los medios de participación activa que éstos tienen, si bien no el único, son las Comisiones de la Junta Directiva previstas en la estructura funcional y los Grupos de Trabajo que desde ellas se organicen. En este número de la revista se invita a quienes así lo deseen a solicitar su integración en alguna de esas Comisiones. Pero independientemente de ello, desde estas líneas también se quiere animar a todos, y especialmente a los más jóvenes, a hacer llegar sus ideas, sus iniciativas, sus colaboraciones o sus críticas, tanto a la Junta Directiva, como a la propia revista Radioprotección que, al fin y al cabo, tiene la vocación primordial de servir de medio de comunicación entre todos los miembros de la Sociedad.

Cuando el presente número de Radioprotección salga de imprenta, el año 2000 estará a punto de terminar. Que este último párrafo sirva para transmitir a sus lectores el deseo de una feliz Navidad y de un próximo año provechoso y fructífero tanto en el ámbito profesional como en el personal.





## Asamblea General Ordinaria SEPR

El pasado 27 de septiembre tuvo lugar, en el Palacio de Convenciones de Maspalomas, la Asamblea General Ordinaria de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

El Presidente de la SEPR informó sobre la actuación de la Junta Directiva saliente, haciendo referencia a los aspectos más destacados, entre los que cabe mencionar: la consolidación de la estructura organizativa de la SEPR, los cambios en la revista Radioprotección y la consolidación de la página web de la Sociedad, el balance positivo de la estructura financiera, el enriquecimiento de las relaciones institucionales (CSN, CIEMAT, ENRESA, ENUSA, UNESA, etc.) e internacionales (IRPA, GRIAPPA, etc.) de la SEPR, y, por último, la continuidad en el desarrollo de actividades científico-formativas. Especial mención mereció la nominación de la SEPR como Sociedad organizadora de IRPA 11, que tendrá lugar en Madrid en el año 2004.

Tras el repaso de la situación económica de la Sociedad, se hizo mención a las modificaciones que van a experimentar las Comisiones de la Junta Directiva, animando a todos los socios a colaborar en ellas. Asimismo, se aprobó el nombramiento como Socios Honorarios de la SEPR de Antonio Brosed e Ildelfonso Iruñ. Igualmente se aprobó la candidatura para la renovación de la Junta Directiva, formada por:

Vicepresidente: Pedro Carboneras  
 Tesorero: Eduardo Gallego  
 Vocal: Belén Fernández  
 Vocal: Paloma Marchena

A continuación, Fernando Legarda presentó el proyecto para celebrar el IX Congreso Nacional de la SEPR, en Bilbao, entre el 8 y el 10 de mayo de 2002, y Leopoldo Arranz presentó al Comité Organizador del próximo Congreso IRPA 11, siendo ambas propuestas aprobadas.

Eduardo Sollet fue el encargado de comunicar los cambios que se han realizado en la revista Radioprotección, tales como números monográficos, nuevos contenidos, etc. El carácter científico, el ámbito latinoamericano y la difusión internacional son las tres líneas de actuación a reforzar en la proyección de futuro en la revista.

Para finalizar, Juan José Peña hizo balance de las acciones desarrolladas por el grupo GRIAPPA: cursos de formación y perfeccionamiento, donación de equipamiento a Perú y Cuba, potenciación de los lazos con Iberoamérica, con la presencia en el próximo Congreso de Seguridad Radiológica en Recife (Brasil), al que Helen Koury, Presidenta de la Sociedad Brasileña de Protección Radiológica, invitó a todos los socios de la SEPR.

Por último, Leopoldo Arranz presentó la posibilidad de realizar congresos de SEFM y SEPR consecutivos en el tiempo, e hizo entrega de un donativo para Concepción Cayca en nombre de Werner Burkart, Subdirector General de Aplicaciones y Ciencias Nucleares del OIEA.

### PEDRO CARBONERAS



Ingeniero Industrial Energético por la Universidad Politécnica de Madrid.

Tras trece años en el sector de Energía Nuclear, en áreas tanto de operación de centrales nucleares como de análisis de seguridad y gestión de permisos y licencias, ingresa en 1986 en ENRESA como responsable del Departamento de Seguridad y Licenciamiento.

Su amplia experiencia en seguridad nuclear, protección radiológica y gestión de recursos le ha llevado a ser, también profesor en curso de postgrado de diversas universidades españolas, así como miembro de diversos Comités y Grupos Asesores de la OIEA, la NEA, la OCDE, la Comisión Europea y la ICPR.

Es autor de varios libros, publicaciones y artículos relativos a su área de experiencia. Es miembro de la SNE y actual Vicepresidente de la SEPR.

### BELÉN FERNÁNDEZ



Nacida en Valladolid. Licenciada en Ciencias Físicas por esa Universidad. Inició su actividad laboral en el Laboratorio para el estudio de la contaminación ambiental en Avilés. A continuación pasó al Servicio de Física Médica y Protección Radiológica del Hospital Covadonga de Oviedo como Adjunto de dicho Servicio. Desde 1985 es

Jefe del Servicio de Física Médica y Protección Radiológica del Hospital Central de Asturias. Las actividades de este Servicio se extienden al ámbito de todas las Instituciones del INSALUD de Asturias.

Títulos: Radiofísico hospitalario, Jefe del Servicio de Protección Radiológica (CSN), Experta en Protección Radiológica de Instalaciones Médicas (Universidad Complutense de Madrid).

Ha participado como profesora y como directora de diferentes cursos nacionales e internacionales de Protección Radiológica y Control de Calidad en Radiodiagnóstico y en Mamografía.

Es miembro de la SEPR, SEFM, SERAM y SEDIM. Es Coordinadora del Programa de Garantía de Calidad en Mamografía realizado por la SEDIM, y Vocal de la SEDIM para temas de Control de Calidad.



### EDUARDO GALLEGO

Eduardo Gallego Díaz, socio de la SEPR desde enero de 1987, es Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Titular de dicha Universidad en el Departamento de Ingeniería Nuclear, dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. Responsable

de la asignatura "Protección Radiológica y Seguridad Nuclear". Colaborador habitual como profesor del Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT en distintos cursos (Gestión de Residuos Radiactivos, Master en Energía Nuclear, Superior de Protección Radiológica), y del Foro Nuclear.

Desde 1994 dirige el grupo de investigación sobre seguridad nuclear y protección radiológica del Laboratorio de Tecnología Nuclear de la ETSIIUPM. Ha participado desde 1983 en distintos proyectos de investigación nacionales e internacionales, de la Industria Eléctrica, el Consejo de Seguridad Nuclear y la Comisión Europea, sobre las consecuencias radiológicas y económicas de los accidentes nucleares, la evaluación de medidas de protección en caso de accidentes y la recuperación ambiental de entornos contaminados radiactivamente, habiendo sido miembro de grupos especializados en la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE.

Es Secretario del Comité Internacional del Programa del Congreso IRPA-11 que se celebrará en Madrid en el año 2004.



PALOMA MARCHENA

Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid.

Inicia su actividad profesional en el Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Gómez-Ulla, donde participa en el laboratorio de Radioinmunoanálisis y en el Departamento de Dosimetría, permaneciendo hasta 1987.

En 1988 se incorpora a la División de Protección Radiológica de AMYS como Jefe del Servicio de Dosimetría Personal y Responsable del

Laboratorio de Higiene Industrial, pasando posteriormente a la Dirección Nuclear de UNESA hasta finales de 1999, prestando su asistencia e ingeniería de Dosimetría a las Centrales Nucleares españolas.

Desde comienzos del año 2000 en la empresa Tecnatom continúa desarrollando su trabajo en los campos de la Dosimetría y la Protección Radiológica.

Ha colaborado como docente en cursos de formación sobre radiaciones ionizantes y Dosimetría.

Forma parte de diversos Grupos de Trabajo de ámbito nacional e internacional, y es miembro de la Sociedad Española de Protección Radiológica y de la Sociedad Nuclear Española.

En la actualidad es coordinadora del Comité de Redacción de la revista **RADIOPROTECCIÓN**.

## VIII Congreso Nacional de la SEPR

El día 29 de septiembre finalizó, en Maspalomas (Gran Canaria), el VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica. El balance global permite catalogar a este evento como uno de los mejores congresos que sobre Protección contra Radiaciones se ha celebrado en España. Las razones para esta optimista opinión son varias: el número de asistentes ha sido extraordinariamente grande y representando a todas las regiones y Comunidades españolas; el número y calidad de los trabajos científicos presentados han permitido la edición completa de un voluminoso ejemplar de la revista "Radioprotección"; la presentación del libro "Protección Radiológica 2000", en el que se

recogieron las aportaciones hechas por los conferenciantes invitados al Congreso. Su lectura permite conocer no sólo el desarrollo alcanzado hasta este año 2000 sino también el previsible desarrollo de esta actividad en los comienzos del tercer milenio; la realización y elaboración de los seis libros de los cursos de actualización, que, a través de la encuestas de los mismos, fueron valorados muy positivamente y con gran asistencia; la actividad desarrollada en los días del Congreso ha permitido evaluar con rigor el estado de desarrollo de esta disciplina científica-técnica en toda España; la instrumentación de última

generación utilizada en la actividad de Protección Radiológica se ha presentado en Maspalomas, y, aunque se trataba de un Congreso Nacional, la importancia de los representantes internacionales asistentes al Congreso ha sido del máximo nivel: Director de Seguridad Radiológica de la Organización Internacional de Energía Atómica, organismo dependiente de Naciones Unidas y con sede en Austria; Representante de la Comisión de Protección Radiológica de la Unión Europea radicada en Luxemburgo; Presidentes de las Sociedades Hispanoamericanas de Protección Radiológica representados por Méjico, Argentina y Brasil.

De nuestro país el abanico de participantes abarcaba desde un Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear y el Secretario General de este Organismo, máximo y único responsable de la Protección Radiológica en toda España, a los más jóvenes integrantes del colectivo de profesionales de la Protección Radiológica, quedando incluidos diversos catedráticos y profesores de Universidad conectados directamente con esta materia y Jefes de Protección Radiológica de Centrales Nucleares y grandes Hospitales. El efecto multiplicador de este Congreso se materializó en un hecho colateral consistente en que se desarrolló en paralelo al mismo una reunión de especialistas europeos procedentes de diversos países: Gran Bretaña, Alemania, Irlanda, Grecia, etc.

Las autoridades de Gran Canaria dieron prueba de su sensibilidad ante una reunión de esta categoría científica y técnica, y estuvieron representadas en el acto de apertura por la Presidenta del Cabildo y el Rector de la Universidad. También el Gobierno de Canarias envió a sus representantes: Viceconsejero de Industria y Energía, Director General de Sanidad, etc.

El Congreso finalizó con una revisión de todos los temas desarrollados en el mismo, lo que permitió elaborar una serie de conclusiones que se resumen en los puntos que se detallan a continuación.



Mesa de Apertura del VIII Congreso Nacional de la SEPR



Vista de una de las Sesiones Poster del Congreso

**1º.-** Se solicitó a la Sociedad Española de Protección Radiológica que se hicieran los esfuerzos necesarios para realizar una labor efectiva de dar a conocer a la sociedad en general las actividades de Protección Radiológica, cuyo fin es, precisamente, proteger de la acción nociva de las radiaciones a todos y cada uno de los miembros de esa sociedad y al medio ambiente. Para ello se propone la constitución de una Comisión permanente que, de manera periódica, haga llegar a los medios de comunicación todas aquellas noticias que interesan a todo el público de forma que sean dadas en un lenguaje que sea, al mismo tiempo, riguroso y sencillo para la comprensión por todos.

**2º.-** Se propuso la potenciación de un laboratorio de Metrología a nivel nacional que permita la rápida calibración y verificación de los aparatos y equipos que se usan para controlar los equipos y sustancias radiactivas emisores de radiaciones ionizantes que se usan en la práctica industrial y en la práctica médica con el fin de conseguir la máxima garantía y fiabilidad de las medidas que se hagan por la trascendencia que pueden tener incluso desde el punto de vista de no generar ningún tipo de alarma social infundada ante situaciones relacionadas con la utilización de radiaciones en cualquier ámbito.

**3º.-** Se propuso la potenciación de la Protección Radiológica de los pacientes sometidos a exploraciones y tratamientos médicos con radiaciones, y la primera muestra de ello sería la máxima participación posible de los profesionales españoles en la primera reunión mundial sobre este tema que se celebrará en Málaga en marzo de 2001.

**4º.-** Se solicitó de la Sociedad Española de Protección Radiológica el realizar los esfuerzos necesarios para que la revista española **RADIOPROTEC-**

**CIÓN**, en la que se publican trabajos de investigación y desarrollo sobre este tema, alcance la máxima categoría internacional posible en línea con el actual grado de desarrollo de la Protección Radiológica en España.

**5º.-** Se propuso a todos los participantes y a la propia Sociedad Española la potenciación de la colaboración con las Sociedades de Protección Radiológica de Hispanoamérica, mediante la participación en los eventos científicos de esa zona geográfica y la colaboración en la transmisión de conocimientos y experiencias.

**6º.-** Se señaló la necesidad de apoyar el desarrollo de líneas de trabajo que permitan dar respuestas sólidamente apoyadas en experimentos científicos a las frecuentes preguntas formuladas sobre los efectos en la salud de los campos eléctricos y magnéticos, tales como los generados por líneas eléctricas de alta tensión y por el uso de aparatos tales como teléfonos móviles.

**7º.-** Se propuso establecer cauces adecuados para estimular la participación de los profesionales más jóvenes para potenciar el desarrollo de la Protección Radiológica y para formar al número suficiente de este tipo de profesionales que permitan dar el servicio que la sociedad demanda para garantizar que los beneficios del uso de radiaciones superen, en la máxima cuantía posible, los riesgos que dicho uso ocasiona.

La importancia de estas conclusiones fue puesta de manifiesto por el Presidente entrante de la Sociedad Española de Protección Radiológica, elegido en el Congreso de Maspalomas, que declaró que estas conclusiones marcarían la acción de la Sociedad en el futuro próximo. También un representante de la Sociedad Nuclear Española manifestó su conformidad en considerarlas como guía de actuaciones.

Puede concluirse que el Congreso de Maspalomas ha permitido dar un salto tanto en

calidad como en cantidad en el desarrollo de la Protección Radiológica que dejará ligado el nombre de este lugar del Sur de Gran Canaria al desarrollo de esta importante actividad técnica y científica con implicaciones directas en muchos órdenes de la vida.

*Roberto Martín*

Para aquellos socios no asistentes al VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica celebrado en Maspalomas (Gran Canaria), se dispondrá en la Secretaría Técnica de la Sociedad del CD-ROM que contiene las Contribuciones y Ponencias presentadas durante el Congreso.

Para su solicitud, ponerse en contacto con la Secretaría Técnica:

Capitán Haya, 60 – 28020 Madrid  
Telf.: 91 / 749-9517 (Srta. Mar)

E-mail: secretaria.sociedades@medynet.com

## Presentación de la nueva Junta Directiva al CSN

El martes 13 de noviembre la nueva Junta Directiva de la SEPR fue invitada por el CSN para su presentación.

El grupo, recibido por Manuel Kindelán, Presidente del CSN, a quien acompañaba Agustín Alonso, Consejero del CSN, el Jefe del Gabinete de Presidencia, el Director Técnico de Protección Radiológica, y los tres Subdirectores Generales del área de Protección Radiológica, fue presentado por su Presidente Ignacio Hernando, quien, aprovechando esta oportunidad, agradeció, una vez más, el interés y apoyo institucional del CSN hacia la SEPR.

A lo largo de la reunión se apuntaron diversos temas: por ejemplo, se destacó la gran participación de los profesionales del CSN en materia de PR en el pasado VIII Congreso de la SEPR celebrado en Gran Canaria, la organización del próximo Congreso a celebrar en Bilbao y el gran interés que tiene la Sociedad en relación con las publicaciones.

Posteriormente fueron presentados al CSN los nuevos proyectos y actividades futuras, y los retos más relevantes para esta nueva etapa que comienza ahora, ofreciendo a la SEPR como vínculo de comunicación para con la sociedad en general.

Manuel Kindelán agradeció la visita, manifestando la necesidad de continuar avanzando en la misma línea mantenida hasta ahora de colaboración mutua.



Divertida imagen de algunos asistentes al Congreso participando en una comparsa del carnaval canario.

## Presentación de nuevos socios de honor de la SEPR

Durante el VIII Congreso de la SEPR celebrado en Maspalomas, tuvo lugar la presentación de Ildelfonso Irún y Antonio Brosed como nuevos socios de honor de dicha Sociedad.

Pío Carmena, responsable de Asuntos Económicos y Financieros de la SEPR introdujo a Ildelfonso Irún con las siguientes palabras:

«En el año 1986 me hice cargo de la Secretaría del Grupo de Trabajo de Protección Radiológica de AMYS. Este Grupo estaba formado por todos los Jefes de Protección Radiológica de las centrales nucleares, de ENUSA y ENRESA. En la primera reunión a la que asistí me presentaron al Presidente del Grupo, y durante los años siguientes, y a lo largo de muchas reuniones, fui aprendiendo de él las habilidades para buscar consensos y aunar las voluntades de todos estos jefes. No hace falta que os cuente lo difícil que es esto. Puedo afirmar con toda seguridad que su labor ha sido fundamental para alcanzar la buena salud de la que goza actualmente la PR en nuestras instalaciones.

Y es que este Presidente que me tocó en suerte no era cualquier Presidente.

Desde finales de los años 60 en que inició su actividad en la Junta de Energía Nuclear, ha sido responsable de PR en la construcción y explotación de Vandellós I. Posteriormente, desde mediados de los 80 ha sido jefe de PR en la fase de posparada y en el inicio del desmantelamiento, ya con ENRESA. Es, así, el único jefe de PR que ha vivido todas las fases de operación de una central nuclear en nuestro país.

Su relación con nuestra Sociedad también ha sido muy intensa. Socio fundador, formó parte de la primera Junta Directiva y fue su segundo Presidente. Bajo su mandato, en 1985, se celebró en Madrid el 1º Congreso de la Sociedad. Desde entonces y hasta la fecha ha seguido colaborando con esta Sociedad, y estoy seguro que lo seguirá haciendo en el futuro. Por todo ello, la SEPR ha acordado dar la categoría de Socio Honorario a Ildelfonso Irún.

En nombre de todos y en el mío propio, muchas gracias Ildelfonso.»

Por otra parte, Antonio Delgado, vocal de la Junta Directiva de la SEPR, presentó a Antonio Brosed con estas palabras:

«Creo que es ocioso dedicar tiempo a enumerar los méritos de Antonio Brosed y las aportaciones que nos ha hecho a los radioproteccionistas, a todos, a los que medimos dosis y a los que especuláis con ellas. Es de sobra conocido que Antonio, asegurando la trazabilidad de nuestras medidas y también por su actividad docente, ha venido siendo por años nuestro mentor profesional. Yo he estado trabajando codo con codo con él durante diez años y, por lo tanto, puedo dar muy buena fe de todo esto. En ese tiempo, y también después, he podido apreciar su capacidad profesional y también su calidad humana. Es persona que se involucra en los problemas de los demás, y, además, para tratar de resolverlos, siempre está dispuesto a comprender, a tener paciencia y a ayudar.

A la satisfacción que produce en todos nosotros el justo reconocimiento de los méritos de Antonio Brosed nombrándole Socio Honorario de nuestra SEPR, en mi caso se une a la alegría de que ese reconocimiento se haga a un muy buen amigo, al que aprecio muy de veras. Muchas gracias Antonio y enhorabuena.»



Antonio Brosed

## Jornada Científica: Tendencias actuales en Radiobiología

El viernes día 27 de octubre de 2000, como acto de clausura de la tercera edición del curso "Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y protección radiológica", se celebró en el CIEMAT la Jornada Científica sobre "Tendencias actuales en radiobiología".

Se contó con la participación de expertos nacionales e internacionales que trataron los siguientes aspectos:

### • Problemática actual derivada de los efectos de las radiaciones. Punto de vista del Organismo Regulador.

La exposición de este tema corrió a cargo del Director Técnico de Protección Radiológica del CSN, Ilmo.Sr.D. Ignacio Lequerica.

Habló en primer lugar sobre el estado actual de la reglamentación en protección radiológica, centrándose en la transposición de la Directiva 96/29/EURATOM y los cambios que introducirá esta nueva normativa.

En segundo lugar abordó el tema de la búsqueda de evidencia en la relación dosis-efecto.



Participantes en la Jornada

La hipótesis básica en el vigente sistema de protección radiológica en la zona de dosis y tasas de dosis bajas es la extrapolación lineal sin umbral de los efectos comprobados para dosis altas. Dicha hipótesis proporciona un marco regulador conservador y consistente, no obstante, tiene una contestación importante en determinados ámbitos profesionales y académicos. La búsqueda de confirmación o refutación de esta hipótesis se desarrolla fundamentalmente en los campos de la radiobiología básica y de la epidemiología. Se refirió entonces a la participación del CSN en estas dos áreas.

Finalmente abordó la evolución del sistema de protección radiológica citando la propuesta de 1998 del actual presidente de la ICRP, el Dr. Roger Clarke, con el concepto de "dosis controlable", con la cual se pretende superar la discusión sobre la hipótesis lineal sin umbral dando un tratamiento unificado a la radiación tanto natural como de origen artificial. Esta propuesta tiene ventajas e inconvenientes y está siendo objeto de una intensa discusión.

### • Situación actual de las evidencias epidemiológicas de las radiaciones ionizantes.

Exposición realizada por el Dr. Philippe Hubert del IPSN (Institut de Protection et de Sûreté nucléaire) de Francia.

Inició la charla con la exposición del concepto de epidemiología, sus ventajas y limitaciones. Expuso los diversos tipos de estudios según sus objetivos: estudios de etiología (Ej.: los estudios de Chernobil sobre cánceres de tiroides); de vigilancia (Ej.: los de entorno de instalaciones), y de cuantificación de riesgos, como el de seguimiento de los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki.

Concluyó indicando que, desde la publicación de ICRP 60 en 1990, no hay novedades espectaculares en los estudios de epidemiología de radiaciones, sino un desarrollo gradual de nuevas orientaciones; hay pocos estudios y con resultados ambiguos sobre los efectos no cancerígenos de las radiaciones ionizantes, y, finalmente, sigue existiendo una gran demanda

pública para estudios alrededor de las instalaciones nucleares, inútiles en cuanto a la cuantificación del riesgo, ya que su poder estadístico es débil, sin embargo, sirven para vigilancia de la zona y como referencia en caso de un futuro hipotético accidente.

• **Novedades sobre los efectos biológicos del informe UNSCEAR 2000**

El Dr. Lars-Erik Holm, presidente de Unsear, tras recordar las funciones del Comité presentó el informe, recientemente publicado, el cual se ha estructurado en tres apartados: exposiciones, efectos biológicos, y exposiciones y efectos del accidente de Chernobyl.

En exposición a radiación natural se mantiene el promedio de 2,4 mSv /año; en exposiciones ocupacionales, la dosis media anual debida a fuentes artificiales es de 0,6 mSv y la debida a fuentes naturales de 1,7 mSv.

A continuación se refirió a la carcinogénesis inducida por la radiación, donde se consideran los procesos para llegar a la manifestación de los efectos en células y organismos. Por lo que respecta a la epidemiología, se vuelve a hacer referencia a los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki como principal fuente de información. Del estudio se concluye un incremento en el riesgo de cánceres fatales a 50 mSv y un incremento en la incidencia a 100 mSv.

En los efectos biológicos a dosis bajas se mantiene que la forma lineal de la dosis respuesta es la función más simple para describir el incremento del riesgo. En cuanto a los efectos hereditarios, UNSCEAR tiene prevista la publicación de un informe el próximo año.

Como efectos del accidente de Chernobyl se refieren 28 muertes con síndrome de irradiación aguda y 1.800 cánceres de tiroides en niños. Se concluye que, al no contar con dosimetría individual, no está claro hasta qué punto los efectos están relacionados con la radiación, y es imposible realizar estimaciones cuantitativas fiables de los riesgos.

• **Perspectivas futuras de la investigación en radiobiología.**

El Dr. Tuenen, de la DG XII, presentó la situación de la investigación en el seno de la UE haciendo referencia al IV Programa Marco, que, si bien finalizó el pasado año, aún tiene contratos en vigor, al presente V Programa y a las previsiones para el VI Programa Marco.

Entre los objetivos del IV Programa Marco se contemplaba el estudio de los mecanismos básicos de deposición de Energía e inducción de daño, todo ello para poder determinar la forma de la respuesta dosis-efecto a dosis bajas.

El V Programa supone la continuación del anterior en algunas áreas, como son la inducción y reparación del daño al DNA; el daño al genoma y predisposición al cáncer, y la epidemiología y modelización del cáncer.

El futuro de la Investigación en este ámbito ha sido contemplado en una comunicación de la Comisión, de 4 de octubre del presente año, donde se plantea un cambio de aproximación, modificando el enfoque de los trabajos, acercando la participación de los países e incrementando la eficiencia a través de proyectos mayores y de mayor duración. Para finalizar indicó que está en el aire la respuesta a si existirá un VI Programa Marco en Protección Radiológica. Probablemente la respuesta sea afirmativa, aún no hay una decisión final, pero incluso en este caso se plantea una posible reducción de áreas, así como una disminución de la investigación básica, directamente patrocinada por la Unión Europea.

Fuera del programa inicialmente previsto, la Dra. Rosario Pérez, médico radioterapeuta y radiobióloga en la Autoridad Regulatoria Argentina, presentó el tema "Radiación en útero mitos y verdades".

Empezó manifestando la ansiedad que se produce en las mujeres gestantes por el desconocimiento de los riesgos asociados e indicó la importancia de la adecuada estimación de tales riesgos, dado que la subestimación daría lugar a una exposición innecesaria, mientras que la sobrestimación podría generar, además de la mencionada ansiedad, una posible discriminación en ámbito laboral. Analizó los efectos prenatales considerando las distintas fases de desarrollo embrionario-fetal.

Finalmente, presentó una tabla con las dosis máximas impartidas en distintos procesos diagnósticos, complementada con otra, donde se efectúa la comparación de riesgos por diversas causas durante la vida prenatal. A la vista de todo ello la doctora Pérez concluyó la importancia que conlleva el conocimiento de los posibles riesgos, tanto por parte de las gestantes, como de los profesionales médicos, a fin de evitar situaciones de ansiedad y conseguir que las decisiones de índole laboral o sanitaria se tomen desde una base realista.

La jornada finalizó con un animado coloquio con amplia participación de los asistentes

Asunción Díez y M<sup>o</sup> Jesús Muñoz.

**INFORME IRPA 11**

La organización del IRPA 11 está en marcha. Después del informe realizado a la Junta



Directiva del IRPA, en su última reunión en París (22-24 septiembre 2000) y a la Asamblea General de la SEPR en Maspalomas (27 septiembre 2000), es momento

de recapitular sobre el camino andado y el camino que se nos viene próximamente encima:

- Se ha nombrado el Comité Organizador (ICOC).
- Se han realizado contactos para el Comité Científico (ICPC).
- Se han realizado contactos para el Comité de Apoyo (ICAC).
- Se ha seleccionado a la Empresa Organizadora de apoyo: Viajes-Congresos MAPFRE. Se está preparando un contrato SEPR-MAPFRE para asegurar el éxito de la organización cubriendo riesgos posibles.
- Se ha solicitado a la IRPA los fondos económicos reglamentados para iniciar el proyecto IRPA 11.
- Se está preparando el logotipo del Congreso y la papelería básica.
- Se está preparando la página web IRPA 11.
- Se está preparando la 1<sup>a</sup> comunicación que está prevista para abril de 2001.
- Se está preparando la solicitud oficial de Interés Sanitario.

Se está preparando la estrategia económica para el periodo 2001-2002.

**Nota de la Junta Directiva**

Con motivo de la nueva constitución de la Junta Directiva, se hace un llamamiento especial a todos los socios, para su participación en el proceso de renovación de los miembros de las Comisiones de la Junta Directiva. Se recuerda que la participación es voluntaria y se anima a cuantos no se han manifestado todavía que lo hagan ahora.

Para asegurar su funcionamiento efectivo, las Comisiones no deben tener mas de diez miembros ni menos de cinco. Se ruega a los socios interesados en participar que envíen su propuesta a la Secretaría Técnica de la Sociedad antes de final de año (2000) para que las Comisiones queden constituidas el 15 de enero de 2001.

Las Comisiones y sus responsables son las siguientes:

- Comisión de Asuntos Institucionales: Esta Comisión debe reunir a los responsables de la proyección externa de la Sociedad.

Responsable: Ignacio Hernando - Presidente de la SEPR

• **Comisión de Actividades Científicas:** Esta Comisión atenderá al conjunto de las actividades científicas así como al Congreso correspondiente de la SEPR.

Responsable: Pedro Carboneras - Vicepresidente de la SEPR

• **Comisión de Normativa:** Atenderá a la organización interna de la Sociedad y tendrá responsabilidad en la articulación.

Responsable: M<sup>o</sup> Luisa España - Secretaria General de las SEPR

• **Comisión de Comunicaciones y Publicaciones:** Esta Comisión incluirá entre otras actividades la elaboración de la revista **RADIOPROTECCIÓN**.

Responsable: Paloma Marchena - Vocal de la SEPR

• **Comisión de Asuntos Económicos y Financieros:** Tiene la tarea de llevar a cabo los presupuestos y gastos económicos que se produzcan en la Sociedad.

Responsable: Eduardo Gallego - Tesorero de la SEPR

Para su solicitud, ponerse en contacto con la Secretaría Técnica:

Capitán Haya, 60 – 28020 Madrid

Tel.: 91 / 749-9517 (Sra. Mar)

secretaria.sociedades@medynet.com

## Dos de nuestros Socios reelegidos como miembros ICRP

Pedro Ortiz López y David Cancio Pérez, ambos socios de nuestra Sociedad y profesionales destacados en sus respectivas especialidades, han sido reelegidos como miembros de los Comités 3 (Protección en Medicina) y 4 (Aplicación de las Recomendaciones ICRP) de la Comisión Internacional de Protección Radiológica respectivamente, para el próximo periodo de actuación 2001-2005 de la nueva Comisión.

Pedro Ortiz es, desde hace 8 años, miembro del Comité 3 de la ICRP y ha presidido recientemente el Grupo de Trabajo sobre "Prevención de accidentes en pacientes de radioterapia". En España pertenece al Cuerpo Técnico del Consejo de Seguridad Nuclear y desde abril de 1990 desempeña su labor en el Organismo Internacional de Energía Atómica en Viena, siendo actualmente responsable de la Unidad de Protección Radiológica del Paciente. De forma transitoria es también responsable de la Unidad de Seguridad de las Fuentes de Radiación, ambas dentro de la Sección de Seguridad Radiológica del OIEA.

David Cancio es, desde hace 4 años, miembro del Comité 4 de la ICRP y actualmente miembro correspondiente de un Grupo de Trabajo so-

bre la Protección del Medio Ambiente y de otro sobre la definición de fuentes, límites de dosis y su cumplimiento, grupos críticos y de referencia relacionados con la revisión de las Recomendaciones actualmente vigentes. En España, pertenece al Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), donde actualmente es el responsable del Proyecto de Impacto Radiológico Ambiental.

Con motivo de esta reelección, que pone de manifiesto sus méritos científicos y personales en el más alto nivel internacional, les transmitimos desde aquí la felicitación de todos los afiliados a nuestra SEPR, animándoles en su difícil cometido y responsabilidad y deseándoles toda clase de éxitos en beneficio del continuo desarrollo de la Protección Radiológica, siempre al servicio de la sociedad.

## Fe de Erratas

En la página 84 del número *Extraordinario* del pasado mes de septiembre de nuestra revista apareció publicado el trabajo titulado *Radionúclidos en suelos de Canarias*. La mención a los autores de este trabajo es incorrecta, ya que, si bien figuran M. I. Landeras González, J. C. Fernández Aldecoa, A. Catalán Acosta, M. J. García, M. C. Bencomo y J. Hernández Armas, debería aparecer el nombre de R. Rodríguez Romero en lugar de M. J. García.

## Balance de los 2 últimos años de RADIOPROTECCIÓN

En la última Asamblea General de la SEPR celebrada con ocasión del VIII Congreso de la Sociedad, el Director de **RADIOPROTECCIÓN** presentó un informe balance de los dos últimos años de la revista de la SEPR, cuyos puntos más relevantes se resumen aquí.

Los cambios más importantes que se han introducido en la revista han consistido en el nuevo editor, en la introducción masiva del color, en el nuevo formato de portada, en la numeración independiente de los distintos números, en un nuevo orden de contenidos y en la introducción de un número monográfico que se constituye como la cuarta publicación anual.

En cuanto a contenidos, se han publicado 20 artículos, 7 colaboraciones, 8 entrevistas y se han analizado 40 publicaciones de diferente tipo.

Por origen, los artículos se distribuyen de la siguiente forma: 9 del campo de la medicina, 5 del área de investigación y desarrollo, 4 de la industria en general, y 2 de normativa.

Las contribuciones invitadas han versado sobre regulación y normativa, las más numerosas, 5 en total, y sobre planes de emergencia y efectos biológicos, con una cada uno de ellos.

Los temas tratados han sido muy variados; aparte de los ya señalados, cabría citar el desmantelamiento de centrales nucleares, los campos electromagnéticos, el ALARA, la dosimetría, la estadística, la contaminación, la meteorología, los efectos biológicos y la radiación natural.

¿Cómo se presenta la revista para el futuro?

Se pretende reforzar su carácter científico de forma que publicar trabajos en **RADIOPROTECCIÓN** sea una referencia para el Curriculum Vitae, se quiere abarcar también el ámbito latinoamericano de forma que en el futuro se constituya en una especie de *Health Physics* en castellano y en incrementar su difusión internacional utilizando para ello los medios que proporciona Internet.

Por último se refirió a la renovación de los miembros del comité de redacción y del comité científico así como de la figura de director de la revista y animó a todos los socios a participar en la redacción de **RADIOPROTECCIÓN** con el envío de artículos y trabajos para su publicación.

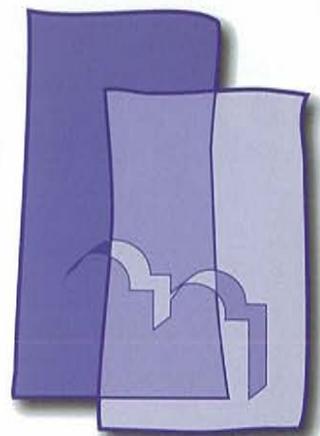


# Centrales Nucleares Almaraz-Trillo AIE



*23.000 millones de kWh que abastecen  
el 12% del mercado peninsular*

*Comprometidas siempre con la seguridad  
nos esforzamos en mantener un servicio de calidad*



**ALMARAZ  
TRILLO**

Plaza Carlos Trías Bertrán, 7 - 28020 MADRID

# Protección Óptima

El servicio de Protección Radiológica de Tecnatom aporta una amplia experiencia en las áreas de:

- Formación
- Dosimetría
- Servicio Médico Homologado
- Técnicas de reducción de dosis
- Apoyo Técnico
- Pruebas

  
Entidad Nacional de Acreditación  
ENSAYOS  
Nº 91 / LE 208 / 96  
Nº 91 / LE 208 - 1 / 96  
CALIBRACIÓN  
Nº 73 / LC 067 / 98  
Nº 73 / LC 084 / 98

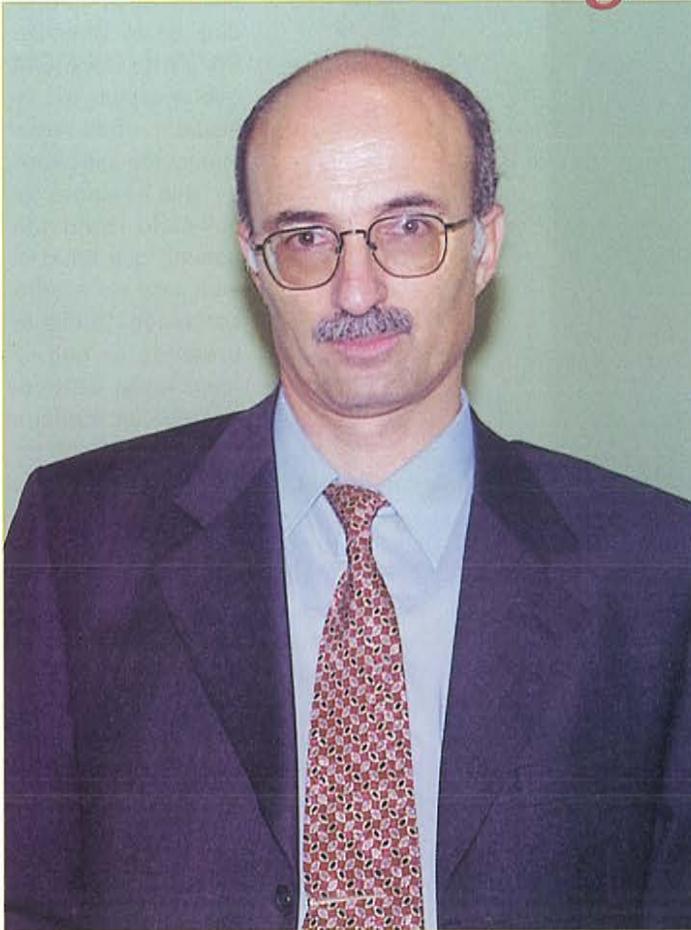
  
AENOR  
ER  
Empresa Registrada  
ER - 018/1/95

# tecnatom, s.a.



# Entrevista con **Ignacio LEQUERICA**

**Director Técnico  
de Protección  
Radiológica del Consejo  
de Seguridad Nuclear**



*El pasado 20 de julio se publicaba en el BOE el nombramiento de José Ignacio Lequerica Pérez como nuevo Director Técnico de Protección Radiológica del CSN. Lequerica es ingeniero aeronáutico y diplomado en Ciencias Económicas. Participó entre los años 1974 y 1983 en la puesta en marcha de las dos unidades de C.N. Almaraz y de la Central Térmica de Meirama. Ingresó en el CSN en 1983, ocupando posteriormente el puesto de Subdirector de Centrales Nucleares. Ha asesorado al Ministerio de Defensa y es miembro del Comité Asesor de Normas de Seguridad Nuclear del Organismo Internacional de la Energía Atómica.*

*Ignacio Lequerica ha recibido a la SEPR para hablar de diferentes aspectos sobre la protección radiológica, abordando de forma clara y directa los asuntos de interés y actualidad relacionados con esta materia.*

## **LA DIRECCIÓN TÉCNICA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

La Dirección Técnica de Protección Radiológica es una rama del organigrama del Consejo de Seguridad Nuclear de reciente creación. Esta modificación en su estructura está recogida en una disposición adicional de la Ley de Tasas, por la cual se asignan al Consejo una serie de funciones que, aunque anteriormente venía desempeñando, no estaban recogidas en un mandato tan claro. Dentro de la nueva reestructuración se dibujan funciones referentes tanto a la protección radiológica como a la seguridad nuclear, en consonancia con las diferentes líneas

de actuación que en estos momentos se están siguiendo en países de la Unión Europea. "Hasta el momento", explica Ignacio Lequerica, "el Consejo venía desarrollando una actividad muy importante en temas como la radiación en el medio ambiente o su actuación en situaciones de emergencia, pero ambos temas no estaban reconocidos por la ley. Por otra parte, se ha producido un cambio en el sector eléctrico, ya que la Ley 54/97 introduce un sistema de competencia en la generación de energía, lo que implica una necesidad de reforzar los controles en las centrales para que la seguridad no se vea mermada como consecuencia de esta competencia".

Otra de las razones por las cuales se ha promovido la creación de esta nueva Dirección Técnica está relacionada con las actuaciones del Consejo en temas de emergencias radiológicas en instalaciones no sometidas a control. Tras la experiencia de Acerinox, se comprobó la necesidad de adoptar una serie de medidas que antes no estaban recogidas en la ley. En este caso concreto, la ley se ha modificado introduciendo la posibilidad de que el Consejo intervenga en situaciones de emergencia en instalaciones no controladas. "Lo que hasta el momento se ha realizado es un protocolo de actuación de las empresas que reciclan material metálico en el caso de detección de

material radiactivo. A este protocolo, establecido por el Ministerio de Industria y por las asociaciones de este sector, se adhieren voluntariamente las empresas, que automáticamente adquieren un compromiso por el cual deben vigilar la entrada de materiales en sus instalaciones. Para ello, se ha dotado a estas empresas de unos pórticos de control por los que pasa todo el material; si se detecta algún tipo de materia radiactiva estas empresas se comprometen a separarla, confinarla en algún lugar seguro de su instalación y poner en tema en conocimiento del Consejo".

En estos momentos en España ya se está actuando bajo el marco de este protocolo, pero el problema de la seguridad nuclear no sólo depende de las empresas de nuestro país, sino que esta comprobación se debe realizar también en el país de origen de la fuente metálica, controles que no en todos los países se hacen de una manera exhaustiva. "Nuestra preocupación fundamental", comenta Lequerica, "es la entrada de las fuentes que han perdido el control dentro del país de origen, lo que llamamos "fuentes huérfanas". A las empresas que reciclan material metálico es posible que acaben llegando fuentes perdidas que vienen mezcladas con materiales de desecho. En los casos que hasta el momento se han presentado, las fuentes provenían del extranjero y habían perdido el control fuera de nuestro país; normalmente vienen con sus blindajes, pero los sistemas de control son de alta eficacia y las están detectando.



Un momento de la entrevista. De izquierda a derecha: Matilde Pelegrí, del Comité de Redacción, Paloma Marchena, coordinadora de la revista, Ignacio Hernando, Presidente de la SEPR, Ignacio Lequerica y Eduardo Sollet, Director de nuestra revista.

Estos sistemas sí que hubiesen detectado la fuente en el caso de Acerinox, ya que ésta era de una actividad considerable".

Actualmente, la Unión Europea ha puesto en marcha una serie de medidas para mejorar el control de las fuentes encapsuladas, mediante la publicación en 1993 de un reglamento de tráfico transfronterizo de fuentes que establece una serie de controles. Además se están promoviendo reuniones de especialistas, en las que participan personas del Consejo de Seguridad Nuclear, con el fin de establecer una Directiva que desarrolle la aplicación de dicho reglamento. En España, la aplicación de esta Directiva no tendrá grandes repercusiones ya que en estos momentos existe un doble control de las fuentes puesto que se comprueban tanto las empresas que comercializan las fuentes como los usuarios de las mismas.

#### **REGLAMENTO DE PROTECCIÓN SANITARIA CONTRA LAS RADIACIONES IONIZANTES**

Uno de los temas que más interés ha suscitado en el ámbito de la energía

nuclear es la aprobación de la Directiva 96/29 de EURATOM que se espera sea inmediata. Esta reglamentación introduce un tema novedoso como es la radiación natural, que hasta el momento no estaba controlado. Lo que se pretende es que se identifiquen actividades que se realizan habitualmente en las que los profesionales no están sometidos a

control, al no haber previsión de exposición a radiaciones, pero sí que pueden encontrarse con la presencia de radiaciones naturales, como en el caso de las tripulaciones de los vuelos comerciales o militares, ya que en los niveles altos de la atmósfera hay una mayor presencia de radiación cósmica. "Esta reglamentación", afirma Ignacio Lequerica, "va a pedir que se tenga en cuenta la identificación de actividades en las que puede haber presencia de radiación natural y que se establezca, cuando los niveles de exposición son significativos, una vigilancia de la radiación en ese ambiente de trabajo".

Este reglamento introducirá una reducción en los límites de dosis para los profesionalmente expuestos y para el público. Pese a ello, no forzará a cambiar las prácticas actuales, exceptuando algunas actividades concretas como el caso de la gammagrafía industrial, en la cual las prácticas deberán realizarse con una restricción superior a la que se estaba aplicando hasta la fecha.

El proceso de adaptación de esta Directiva comenzó en mayo de 1996,



fecha en la que se publica. "Este proceso comenzó con el trabajo se un grupo interno del CSN, para pasar a comentarlo con los grupos profesionales afectados y presentando una propuesta de reglamentación ante el entonces Ministerio de Industria. El Ministerio inició en ese momento una serie de consultas con todos los órganos afectados por esta reglamentación (ministerios, instalaciones y organizaciones profesionales). Se envió a continuación a la Comisión de la UE para que realizase los correspondientes comentarios, y en estos momentos, incorporados dichos comentarios, el Ministerio está pendiente de recibir unos últimos retoques del Ministerio de Administraciones Públicas, y una vez que los tenga irá al Consejo de Estado, que es el último trámite para su publicación. Aunque normalmente el Consejo de Estado tiene un plazo máximo de dos meses para emitir su informe, se espera que en este caso se acorte el tiempo y se publique a finales de año".

#### **LA INFORMACIÓN Y LA GESTIÓN SEGURA**

Uno de los problemas fundamentales con los que actualmente se encuentran la mayor parte de los organismos relacionados con la energía nuclear es la percepción negativa de la sociedad sobre los residuos radiactivos y el elevado coste de una gestión segura de los riesgos radiológicos. En este aspecto, Ignacio Lequerica considera fundamental una transmisión de información y conocimientos sobre los beneficios asociados a través de los medios de comunicación. "Todas las aplicaciones de la energía nuclear y las radiaciones están sometidas a un escrutinio por parte de la sociedad, debido a la elevada sensación de los riesgos y su escasa percepción de los beneficios asociados. Hay una dificultad añadida ya que de-

bemos transmitir conceptos que para los técnicos están muy claros pero que la gente de la calle no entiende. En este sentido, la información al público es una obligación del Consejo, ya que por su ley de creación está obligado a informar sobre los riesgos derivados de las aplicaciones radiológicas. Cumpliendo con este mandato tenemos un plan de información e iniciativas que incluye entre otras cosas nuestro Centro de Información, al que acuden colectivos de estudiantes, una página divulgativa en Internet sobre la energía nuclear, las radiaciones y sus efectos y los controles, así como diferentes publicaciones".

Además de su línea divulgativa, el Consejo cuenta con un plan de información para profesionales en el que, además de editar publicaciones técnicas, se realiza un informe anual sobre las actividades de las instalaciones, control, normativa, impacto medioambiental o vigilancia, entre otros temas.

#### **LA IMPORTANCIA DE UNA ACCIÓN CONJUNTA DE LAS SOCIEDADES PROFESIONALES**

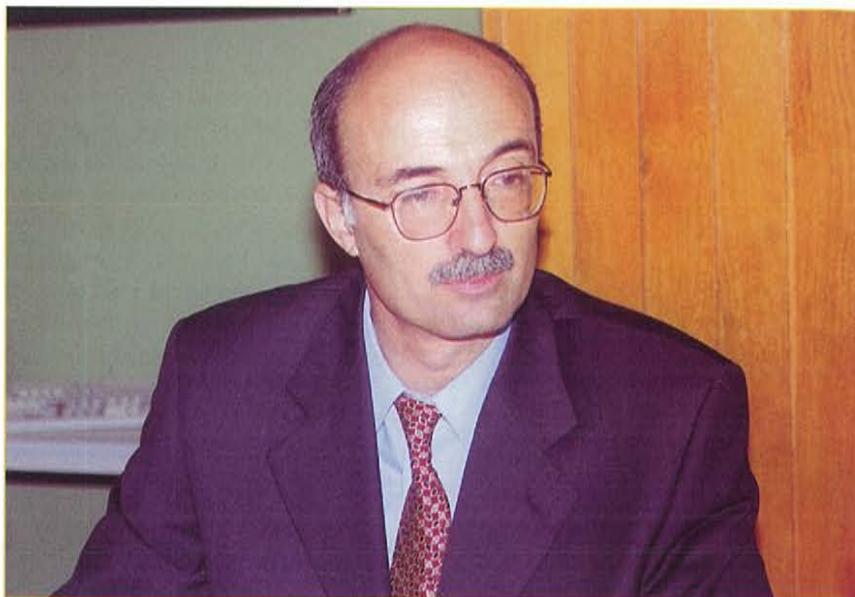
El nuevo director técnico del CSN señala la importancia de establecer foros de debate con asociaciones y empresas implicadas en la protección radiológica para aportar soluciones a los diferentes problemas con los que se encuentra el sector. "Hay que buscar foros de colaboración con las asociaciones de profesionales y con los diferentes representantes de las instalaciones, como por ejemplo con la Sociedad Española de Protección Radiológica. Yo he vivido muy de cerca la coordinación que se ha establecido con Unesa y con el sector nuclear a través de una serie de comités, y considero que es una experiencia muy útil. Debería buscarse algo equivalente con

el resto de instalaciones implicadas en el tema de la protección radiológica y los residuos radiactivos”.

Actualmente el Consejo se encuentra elaborando una guía de seguridad sobre el tema de los residuos en hospitales, en la que se esperan contribuciones importantes de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

Precisamente el Consejo está asesorando al Ministerio de Sanidad en el tema del control de la protección radiológica en hospitales, aportando su conocimiento y experiencia sobre los efectos de las radiaciones y la infraestructura de los servicios de protección radiológica del país. El Consejo tiene un control sobre las dosis recibidas por los trabajadores de este tipo de instalaciones y por el público, pero no tiene un papel asignado en la protección radiológica de los pacientes que reciben las radiaciones, ya que esta competencia corresponde al Ministerio de Sanidad.

En cuanto a los profesionales de los hospitales que trabajan con radiaciones, en estos momentos se están debatiendo las funciones establecidas por la ley en cuanto a los cometidos que tienen los radiofísicos, y qué características deben cumplir para lograr la categoría de jefes de servicio de Protección Radiológica en los hospitales. A este respecto está en marcha una instrucción del CSN que define los requisitos de experiencia y conocimientos que debe tener un profesional para obtener la licencia. “Los decretos del Ministerio de Sanidad”, afirma Ignacio Lequerica, “establecen que la figura del radiofísico se encarga de unas funciones que definen el control de calidad de los equipos y la protección de los pacientes. Lo que se está planteando en estos momentos es que se realice un reconocimiento inmediato de la condición de radiofísico para que pase a ser jefe del



servicio de Protección Radiológica. Recientemente tuvimos una reunión con la Sociedad Española de Física Médica en la que informamos sobre la poco probable viabilidad de un reconocimiento automático de este puesto; dicho reconocimiento debe plantearse en función de la experiencia y los conocimientos que tienen estos profesionales.

### **CONTROL DE LAS INSTALACIONES RADIATIVAS**

Dentro de las modificaciones que podemos encontrar, tanto en materia de legislación como en trámites dentro de las instalaciones radiactivas, el año pasado se dio un gran paso en el trámite para obtener las autorizaciones en las instalaciones radiactivas. Actualmente las instalaciones de 2ª y 3ª sólo requieren una autorización previa a la construcción y otra posterior de puesta en marcha, que se hace tras la inspección realizada por el Consejo. En estos momentos tenemos en el país unas 1.600 instalaciones radiactivas autorizadas y unos 18.000 equipos de rayos X que están sometidos a un proceso de declaración y registro.

En los últimos años el Consejo de Seguridad Nuclear ha encomendado diferentes funciones de inspección y evaluación de las solicitudes de autorización de las instalaciones radiactivas a diferentes Comunidades Autónomas. En este caso, la Comunidad se encarga de evaluar las solicitudes de su zona de actuación, enviando posteriormente un informe al Consejo, que será el que finalmente dé su aprobación. “Hay en este momento 7 Comunidades a las que se han encomendado labores de inspección de instalaciones radiactivas y 4 Comunidades a las que se ha encomendado adicionalmente la evaluación de las solicitudes de autorización. También se están encomendando los planes de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las instalaciones nucleares a algunas Comunidades, como es el caso de Cataluña y Valencia. Ellos toman los datos y luego nos los envían. También existe el caso de Comunidades que tienen instalaciones nucleares y radiactivas, pero que no se han mostrado hasta el momento interesados en esta encomienda de actividades”.



# Experiencia de Control de Calidad en laboratorios de Radiactividad Ambiental

M<sup>a</sup> Lourdes Romero González  
CIEMAT  
Lucila M. Ramos Salvador  
CSN

## RESUMEN

El desarrollo de la industria nuclear en las últimas décadas motivó la necesidad de determinar los niveles de radiactividad ambiental y el establecimiento de programas de vigilancia radiológica en el entorno de las instalaciones y en los diversos componentes del medio ambiente fuera de dichos entornos.

Una evaluación rigurosa de los resultados de estos programas exige que los laboratorios que realizan los análisis avalen la fiabilidad de sus resultados y estos sean comparables entre sí. La participación en ejercicios inter-laboratorio provee la consecución de estos objetivos a los laboratorios, que de manera aislada resultarían difíciles de lograr por implicar tareas dilatadas y costosas.

El artículo revisa las bases para organización de ejercicios inter-laboratorio, para ilustrar después la evolución histórica de las campañas realizadas por el CSN y el CIEMAT en el ámbito de los programas de vigilancia en España, mostrando los resultados conseguidos con su organización periódica a través de los años.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de determinar los niveles de radiactividad ambiental surgió en España a finales de la década de 1950, como consecuencia de las numerosas pruebas nucleares atmosféricas que se estaban llevando a cabo en algunos países. Las primeras medidas

las realizó la Junta de Energía Nuclear (hoy CIEMAT), donde se fueron estableciendo las bases para la creación de una infraestructura para la medida de la radiactividad ambiental, extendiéndose posteriormente a distintos centros y universidades del país.

Con el desarrollo de la industria nuclear se implantaron los primeros

## SUMMARY

The wide development of nuclear energy within last decades gave raise to the study of the environmental levels of radioactivity, and consequently environmental monitoring programs were established in the surroundings of nuclear facilities and in different environmental compartments away from the vicinity of installations.

The reliability of the assessment obtained from these programmes requires that laboratories producing the analytical data be able to demonstrate the accuracy and comparability of their results. Participation in inter-laboratory test comparisons provides laboratories with the objective to achieve these goals, which are, for practical reasons, difficult to obtain for an individual laboratory.

The article reviews the basis for organising inter-laboratory test comparisons, to describe the historical overview of the exercises conducted by CSN and CIEMAT in the frame of the Spanish environmental monitoring programmes, and showing the outcomes achieved with the periodical exercises organised over time.

programas de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las instalaciones, con objeto de detectar y vigilar la presencia de radionucleidos en las distintas vías de transferencia a la población (Figura 1). Al aumentar el número de centrales y con la entrada de nuestro país en la Unión Europea, se planteó la necesidad de desarrollar

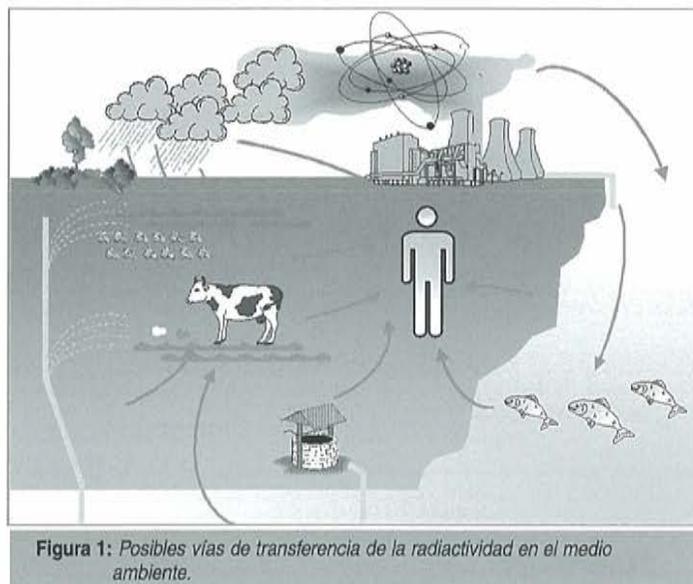


Figura 1: Posibles vías de transferencia de la radiactividad en el medio ambiente.

una vigilancia a nivel nacional; el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) implantó un sistema de redes de vigilancia, que se encuentra operativo desde 1992, y en cuyo desarrollo participan actualmente 21 laboratorios distribuidos en las diferentes comunidades autónomas.

La vigilancia radiológica del medio ambiente exige la determinación de niveles muy bajos de radiactividad en matrices de naturaleza muy diversa; el proceso analítico implica sucesivas etapas de separación y la aplicación de sofisticadas técnicas de medida en niveles de actividad cercanos a los límites de detección de los sistemas. Por tanto el resultado final debe garantizar un elevado nivel de confianza que asegure no solo la precisión analítica, sino la exactitud del método empleado por el laboratorio. Así mismo, es necesario que los resultados de los distintos laboratorios que componen los programas de vigilancia radiológica ambiental, sean comparables entre sí y garanticen su trazabilidad al Sistema Internacional. La participación en ejercicios inter-laboratorio facilita a los laboratorios la consecución de estos objetivos, que

realizados en el ámbito de los programas de vigilancia en España, mostrando los resultados conseguidos con su organización periódica a través de los años.

### EJERCICIOS INTER-LABORATORIO COMO CONTROL EXTERNO DE CALIDAD DE LABORATORIOS

Un ejercicio inter-laboratorios consiste en la organización, ejecución y evaluación de ensayos sobre materiales idénticos o similares por dos o más laboratorios en condiciones predeterminadas (1). La organización de estos ejercicios puede tener diferentes enfoques dependiendo del objetivo concreto que se persiga: controlar el funcionamiento global del laboratorio; controlar la competencia y eficacia del personal; establecer la eficacia de un método de análisis; o determinar, con un grado de precisión definido, una o varias características de un material objeto de estudio.

En cuanto a su ejecución, se realiza de acuerdo con la naturaleza del material sometido a estudio, el método de análisis a ejecutar, y el número de labo-

de manera aislada resultarían difíciles de lograr por implicar tareas dilatadas y costosas.

El artículo revisa las bases para la organización de ejercicios inter-laboratorio, para ilustrar después la evolución histórica de los

laborios participantes. En la guía ISO-43, se describen tres tipos de ejercicios, cuyas formas de ejecución tienen en común el hecho de que los resultados obtenidos por un laboratorio son comparados con los obtenidos por otro u otros laboratorios:

**Tipo A.** El material sometido a ensayo pasa sucesivamente de un laboratorio a otro. En este caso se debe establecer un control adicional antes de enviar la muestra al siguiente laboratorio para determinar si se introducen cambios en el material. Además, este tipo de estudio se limita a la realización de ensayos no destructivos sobre la muestra.

**Tipo B.** Se distribuyen simultáneamente a los laboratorios muestras subdivididas, elegidas de forma aleatoria, y con un grado apropiado de homogeneidad. Este tipo de ejercicio se suele utilizar principalmente para obtener un valor de referencia de los analitos presentes en la matriz de estudio, pero requiere un elevado número de participantes para obtener resultados estadísticamente fiables. Además pueden existir desviaciones sistemáticas en los laboratorios que induzcan a resultados sesgados.

**Tipo C.** Muestras de una matriz se fraccionan en dos o más partes para permitir a cada uno de los laboratorios el análisis de una parte de cada muestra. Este ejercicio es de difícil aplicación, ya que no es posible controlar la homogeneidad de la muestra fraccionada.

Adicionalmente, existe otro sistema de realización de ejercicios, que consiste en la preparación de muestras dosificadas con una cantidad conocida de analito para cada laboratorio participante (se denominará en este artículo como Tipo D). Este método requiere gran precisión en la preparación de cada muestra, y además se debe asegurar

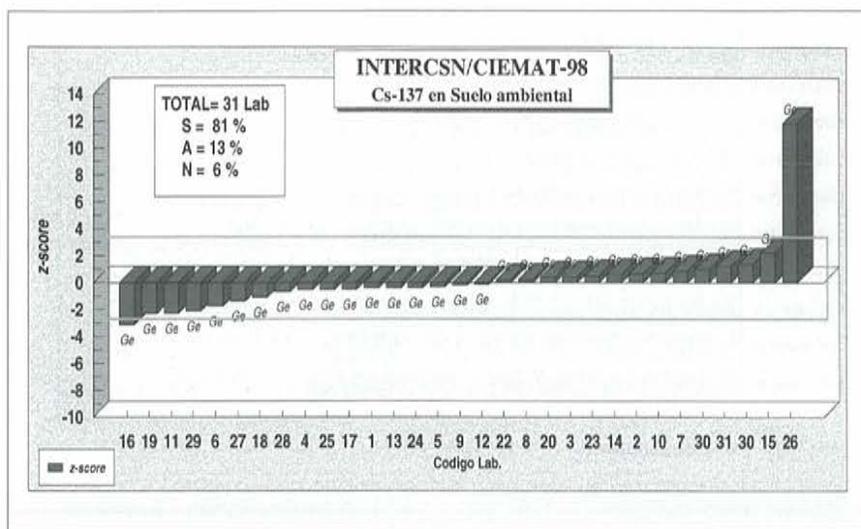


Figura 2: Resultados de la clasificación z para análisis de Cs-137 en el ejercicio CSN-CIEMAT de 1998

la total ausencia del analito en la matriz, o bien conocer su concentración con exactitud. La ejecución de este tipo de ejercicios, implica el análisis de la totalidad de la muestra para evitar efectos de falta de homogeneidad.

La evaluación de los ejercicios descritos se realiza mediante la aplicación de métodos estadísticos según criterios del organismo organizador, existiendo por tanto una arbitrariedad en cuanto al tipo de análisis estadístico a aplicar. En consecuencia los resultados obtenidos en la evaluación de los distintos ejercicios en que participe un laboratorio no serían comparables entre sí, cuando el objetivo principal de la participación en ejercicios inter-laboratorio es evaluar el funcionamiento global del mismo y poder *demonstrar de manera objetiva*, la fiabilidad de los resultados que produce, independientemente del sistema empleado. La evidente necesidad de conseguir una armonización de métodos y establecer un protocolo universalmente aceptado, impulsó la colaboración de la AOAC, ISO e IUPAC y en 1993 publicaron el protocolo "The international harmonized

protocol for the proficiency testing of (chemical) analytical laboratories"(2).

Este protocolo establece un procedimiento transparente de evaluación que utiliza la estadística clásica, pero sin incluir parámetros arbitrarios en la evaluación de los datos. Recomienda la utilización de un material de referencia como muestra común y el tratamiento estadístico denominado "z-score" para evaluación de los resultados. La utilización de materiales de referencia permite no solo realizar la evaluación del funcionamiento de cada laboratorio, sino también obtener una estimación de la exactitud de sus resultados, teniendo la ventaja adicional de que el resultado de la evaluación no depende del número de participantes.

Para la evaluación del ejercicio se establece una clasificación de la ejecución de los laboratorios, mediante una puntuación **z**; ésta se obtiene por comparación de la desviación de cada laboratorio (diferencia entre el valor medio y el valor de referencia) con la desviación estándar de referencia (valor establecido como objetivo de calidad para cada análisis/analito). El va-

lor de **z** se obtiene de la expresión:

$$z = \frac{x - X}{\sigma} \quad (1)$$

donde:

**x**: valor medio de las determinaciones enviadas por los laboratorios para cada analito

**X**: valor de referencia de la concentración del analito en cuestión

$\sigma$ : valor de referencia para la desviación estándar, representa la precisión analítica aceptable para la concentración de interés

Como los valores de **X** y  $\sigma$  son la mejor estimación de la media de la población y de la desviación estándar en una distribución normal, **z** se ajustaría a una distribución normal con valor medio cero, y unidades de desviación estándar. Por tanto, un sistema analítico que realice una "buena ejecución" en el ejercicio estará dentro de estas condiciones, y un valor absoluto de **z** mayor de 3 indicaría una mala ejecución del método. Así la evaluación de los valores de **z** obtenidos, se realiza mediante unos niveles de decisión, basados en este criterio que asegura que los resultados de rutina producidos por un laboratorio tienen la calidad necesaria requerida para su cometido (no para el máximo nivel de fiabilidad que el método pueda conseguir). Los criterios son los siguientes:

$|z| \leq 2$  Ejecución SATISFACTORIA

$2 < |z| < 3$  Ejecución ACEPTABLE

$|z| \geq 3$  Ejecución NO SATISFACTORIA

Se observa que la ventaja de este tipo de evaluación estriba en que el valor de **z** está normalizado, y por tanto puede utilizarse adecuadamente para comparaciones entre distintos analitos, materiales de estudio y métodos analíticos. Además, al utilizar materiales de

referencia, es posible realizar una estimación de exactitud, parámetro difícil de evaluar por un laboratorio aisladamente y que en cualquier caso es difícil de demostrar de forma objetiva ante el exterior.

En la Figura 2 se presentan a modo de ejemplo los valores de  $z$  calculados según la ecuación (a), obtenidos en el ejercicio organizado por el CSN en 1998 para análisis de Cs-137 en una muestra de suelo, donde se puede apreciar clara y directamente la ejecución de cada laboratorio.

La objetividad del tratamiento estadístico  $z$ -score, se manifiesta además en el hecho de que ningún resultado se rechaza (lo cual puede resultar traumático para un laboratorio), solo se les clasifica como ejecución no satisfactoria, pudiendo sin embargo identificar fuentes de errores en la aplicación de sus métodos ya que sus resultados se evalúan frente a valores de referencia, e implementar las necesarias acciones correctivas, como se ha mostrado en la experiencia realizada CSN-CIEMAT en las 3 últimas campañas.

A continuación se describe como ha evolucionado la organización de ejercicios inter-laboratorio para la vigilancia radiológica ambiental en nuestro país. La Figura 3, resume esquemáticamente la evolución de los distintos tipos de ejercicios organizados (según la clasificación anteriormente descrita), el tipo de matriz de estudio, los análisis a realizar y la participación conseguida.

**DESCRIPCIÓN DE LOS EJERCICIOS REALIZADOS Y RESULTADOS CONSEGUIDOS**

En los programas de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las

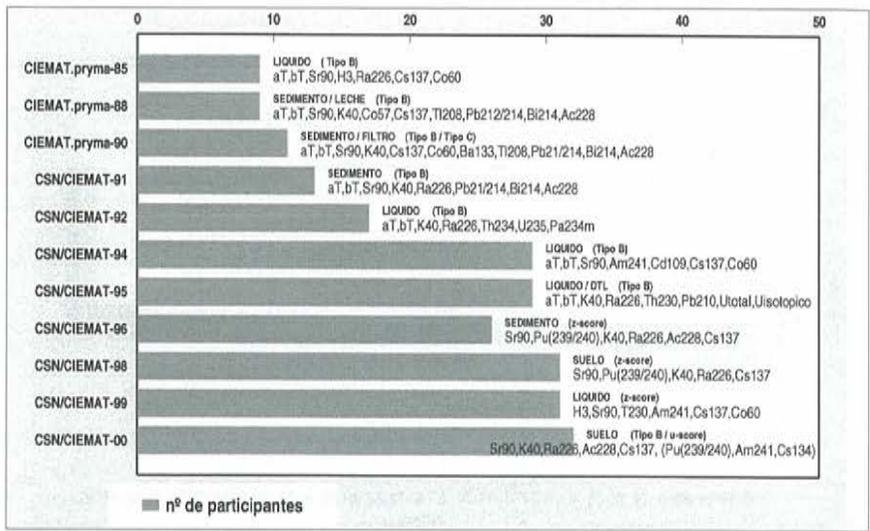


Figura 3: Resumen de la evolución de ejercicios organizados por CSN y CIEMAT.

instalaciones nucleares el control de calidad de los resultados que emiten los laboratorios se realizaba inicialmente mediante duplicados de un 5-10% de los análisis de estos programas por un laboratorio independiente de acreditada experiencia. Sin embargo, la evaluación rigurosa de los resultados de este control requeriría conocer la fiabilidad de los datos de los distintos laboratorios, y comprobar la precisión inter-laboratorios, ya que cuando los resultados son menores que los límites de detección la representatividad de los estudios estadísticos se ve limitada.

En este contexto el CIEMAT inició en 1985 el primer ejercicio inter-laboratorio mediante el cual se intentaba conocer la capacidad de respuesta analítica de los laboratorios que realizaban determinaciones radiactivas en muestras ambientales, además de estudiar la calidad de los resultados (3). Se invitó a participar a 19 laboratorios, de los cuales 14 respondieron y se les envió muestra (solución acuosa sintética conteniendo radionucleidos), sin embargo sólo 9 laboratorios remitieron resultados. Los participantes fueron laboratorios de radioquímica de 4 cen-

trales nucleares, un centro privado, uno municipal, una universidad y dos organismos oficiales. La evaluación se realizó mediante análisis de varianza, y se obtuvieron las siguientes conclusiones: los métodos de medida alfa y beta total eran los más generalizados en los laboratorios participantes, disminuyendo el número de laboratorios que podían realizar separaciones radioquímicas y en general se constató que, aún en técnicas no destructivas como la espectrometría gamma, existían grandes diferencias tanto entre laboratorios como entre las diferentes medidas realizadas en un mismo laboratorio, identificándose causas de variación importantes como deficiencias en la calibración de equipos. Estas conclusiones motivaron la organización de sucesivos ejercicios.

La siguiente campaña se organizó en 1988, y las muestras de estudio fueron un sedimento ambiental y leche en polvo. Este tipo de matrices conlleva una complejidad mayor en las separaciones radioquímicas, lo cual se vio reflejado en los resultados del ejercicio, cuya evaluación se realizó también por análisis de varianza; se observaron grandes variaciones en todos los radionucleidos



Figura 4: Identificación de los laboratorios participantes en los ejercicios en la actividad.

estudiados (excepto en Cs-137), destacándose valores de AMD (actividad mínima detectable) anómalamente elevados.

Respecto a la participación, se extendió la invitación a más de 24 laboratorios, recibiendo resultados de 9 al igual que en el anterior ejercicio; curiosamente solo repitieron 4 participantes. Dado que en las centrales nucleares el análisis de las muestras de los programas de vigilancia son realizados por laboratorios de medidas ambientales, los laboratorios de radioquímica de las centrales no repitieron su participación por tener distintos intereses respecto al tipo muestra objeto de estudio y los niveles de actividad de las mismas (líquidos del circuito de refrigeración y de los efluentes). Posteriormente solicitaron la organización de ejercicios independientes para su campo de aplicación, estos se comenzaron a llevar a cabo en 1990 con financiación del Subcomité de Química del Grupo de Proprietarios de P.W.R. (Grupo P.I.S.G.V) (4), y la organización y evaluación se continúa realizando en el CIEMAT con periodicidad

anual, independientemente de los iniciados para laboratorios ambientales.

En el siguiente ejercicio, realizado en 1990, aumentó la participación a 11 laboratorios (ambientales), y las muestras de estudio fueron un sedimento de origen ambiental y un filtro de aire sintético. La evaluación se realizó por análisis de varianza, y los resultados volvieron a mostrar similares conclusiones, con las mismas diferencias entre laboratorios que los dos ejercicios precedentes.

La experiencia de estos tres ejercicios puso de manifiesto la necesidad de mejorar las capacidades analíticas a nivel nacional y conseguir resultados comparables en las determinaciones radiactivas de los distintos laboratorios (5). Este objetivo era acorde con la política del CSN de conocer la capacidad global de respuesta de los laboratorios que realizaban las determinaciones requeridas en los programas de vigilancia; por tanto, el CSN asumió la iniciativa de organizar y financiar los sucesivos ejercicios.

A partir de 1992, año en que el CSN se implanta la red de vigilancia ambiental de ámbito nacional, este Organismo inició un programa de control externo de calidad de todos los laboratorios que colaboraban en dicha vigilancia, requiriendo su participación en los ejercicios inter-laboratorios; además en la GS-4.1 (6) se consolida el requisito de la aplicación de un control de calidad en los programas de vigilancia alrededor de las instalaciones. Por otra parte, la necesidad de todo laboratorio de realizar un control externo de calidad en condiciones rigurosas y oficialmente establecidas, hizo que pronto se incorporaran a las campañas del CSN otros muchos laboratorios que, aunque no colaboraban directamente, realizaban medidas de la radiactividad ambiental. Así, en 1994 participaron ya 29 laboratorios; en los últimos años este número se ha elevado a 31, integrándose incluso dos laboratorios extranjeros: Portugal y Cuba; en la Figura 4 se presentan los laboratorios participantes en la actualidad.

El CSN organiza y financia las campañas, seleccionando en cada caso la matriz y radionucleidos objeto de estudio entre los habituales en los programas de vigilancia radiológica, definiendo las concentraciones de actividad de modo que, aún siendo ambientales, sean superiores a las AMD y puedan determinarse cuantitativamente. Los resultados de los distintos ejercicios son presentados y discutidos en reuniones anuales con los laboratorios, las cuales facilitan la incorporación de las conclusiones obtenidas y la mejora en las prácticas de estos; el Consejo tiene así documentada la comparabilidad y fiabilidad de los resultados de los laboratorios que

desarrollan los programas de vigilancia. El CIEMAT continúa realizando la ejecución de los ejercicios como apoyo técnico al CSN.

Hasta 1995, la organización de los ejercicios fue Tipo B y en consecuencia los resultados obtenidos en cada evaluación son difícilmente comparables entre sí; sin embargo, su realización supuso avances substanciales, desde el aumento del número de laboratorios participantes hasta mejoras técnicas como desarrollo de las capacidades de los laboratorios y la consecución de límites de detección y AMD cada vez más bajos.

Durante 1996 se cambió la filosofía para organización de los ejercicios (7), y se aplicó por primera vez el protocolo ISO/IUPAC/AOAC. La obtención de un material de referencia en cantidad suficiente para distribuir a 30 laboratorios, conteniendo radionucleidos de interés en concentraciones ambientales y en tipos de muestras análogas a las analizadas rutinariamente en los programas de vigilancia, supuso una dificultad para la implementación del protocolo. Sin embargo el CIEMAT gestionó con el OIEA la obtención de un sedimento ambiental con las características mencionadas, a través de la colaboración establecida con el Servicio de control de calidad analítico del OIEA. Por su parte este Organismo, solicitó un informe de la evaluación final del ejercicio(8) para ampliar sus estudios estadísticos relativos a este material, en aras de posteriores actualizaciones de los valores de referencia. Los resultados globales del ejercicio con el porcentaje de laboratorios con ejecución satisfactoria se presentan en la Figura 5.

El siguiente ejercicio se realizó en 1998; se utilizó un suelo ambiental

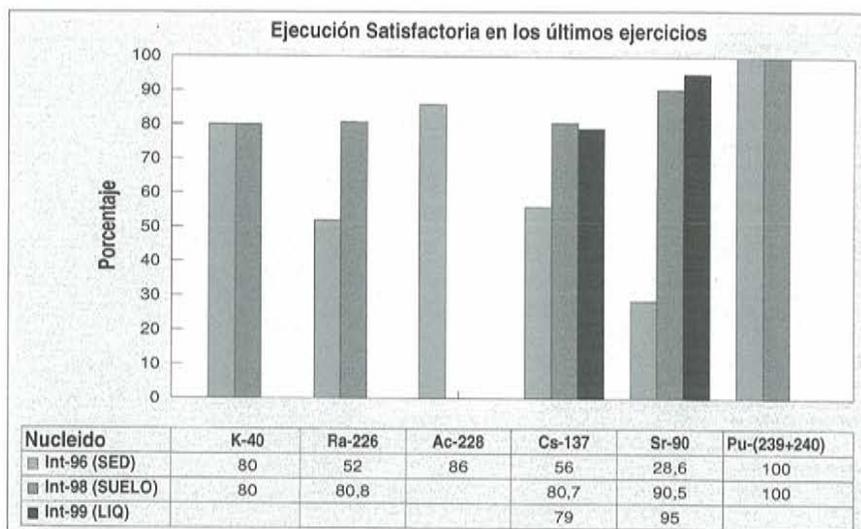


Figura 5: Resultados por ejecución satisfactoria de los laboratorios, en los 3 últimos ejercicios evaluados mediante "z-score"

(material de referencia suministrado también por el OIEA) conteniendo los mismos radionucleidos que en el anterior; los resultados globales con ejecución satisfactoria se presentan en la Figura 5 donde se observa la mejoría experimentada en la realización de los mismos análisis y similar matriz que en el anterior ejercicio. El nivel de exactitud satisfactorio aumentó de un 22 por ciento obtenido en el ejercicio precedente, al 65 por ciento.

En 1999, comprobada la eficacia en cuanto a identificación de fallos en los métodos de análisis, se continuó aplicando el protocolo y se cambió de matriz de estudio, que fue una solución acuosa sintética con valores de concentración de actividad certificados, preparada por el Laboratorio de metrología de las radiaciones ionizantes del CIEMAT. Los resultados mostraron un elevado porcentaje de ejecución satisfactoria, excepto en el caso del Th-230 donde el porcentaje fue del 50 por ciento, (la Figura 5 muestra los porcentajes de los análisis comunes con los dos anteriores ejercicios); el nivel de exactitud satisfactorio se mantuvo en un 60 por ciento (9).

Dentro de la colaboración establecida con el OIEA, ese mismo año surgió la posibilidad de que los laboratorios españoles participasen en un ejercicio organizado por este Organismo para evaluación de métodos de análisis de Sr-90. La matriz de estudio fue una matriz mineral (cenizas volantes) sobre las que se dosificó cantidades conocidas de solución patrón de Sr-90 (ejercicio Tipo D). Participaron 25 laboratorios españoles; para la evaluación del ejercicio el OIEA requería información exhaustiva sobre el procedimiento analítico empleado, lo cual proporcionó recomendaciones detalladas a cada participante, sobre cómo optimizar sus métodos. Globalmente el ejercicio identificó como una de las causas mayoritarias de desviaciones, la determinación del rendimiento químico de los procedimientos empleados; además recomendaba, como sistema de mejora de la exactitud, incluir pasos adicionales de purificación para eliminar interferentes emisores beta. Este ejercicio sirvió además como guía para evaluar las distintas contribuciones de incertidumbre del proceso analítico, en aras de una mejora de la calidad de los resultados.



En el ejercicio de 2000, debido a la escasez de materiales de referencia ambientales de igual naturaleza que las muestras estudiadas en los programas de vigilancia radiológica ambiental, y apoyado por la capacidad de los laboratorios para ejecutar determinaciones radiactivas en suelos con un nivel satisfactorio de calidad, se plantea un ejercicio con distinta filosofía. La organización corresponde al Tipo B, siendo la matriz de estudio un suelo ambiental preparado y caracterizado en la Universidad Autónoma de Barcelona con estudios estadísticos de homogeneidad adecuados. Para la evaluación se aplican dos sistemas; por un lado se estudian los parámetros estadísticos clásicos (media, desviación estándar) y por otro se aplica el tratamiento denominado u-score (10), cuyas bases son similares al z-score, pero al no utilizar valores de referencia la clasificación se realiza considerando las diferentes contribuciones de incertidumbre:

$$u = \frac{x - X}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_X^2}}$$

donde:

$\sigma_x^2$ : Incertidumbre expandida del valor del laboratorio

$\sigma_X^2$ : Incertidumbre expandida del valor de los laboratorios expertos

El valor de  $X$ , con el cual se comparan los resultados de los participantes, se ha obtenido por el método de "consenso de laboratorios expertos" (2), a partir de la media de tres laboratorios de experiencia acreditada: Laboratorio de Seibersdorf OIEA Viena (Austria), Laboratorio de Orsay IPSN-CEA (Francia) y Laboratorio de radiactividad ambiental del CIEMAT (España).

Los resultados de este ejercicio (actualmente en fase de evaluación), no solo presentarán el grado de buen fun-

cionamiento de los laboratorios, si no que permitirán, si procede, obtener valores de referencia para el suelo en cuestión. Este hecho permitirá mostrar el avance conseguido por los laboratorios de medida de la radiactividad ambiental en España a través de los ejercicios inter-laboratorio.

## CONCLUSIONES

Tras la experiencia de organización periódica de ejercicios inter-laboratorio en los últimos 15 años, se puede concluir ampliamente que estos han constituido un método muy eficaz para mejorar el nivel de confianza de los datos que producen los laboratorios que realizan los análisis de los programas de vigilancia radiológica ambiental en España.

Un aspecto a destacar es como ha ido aumentando el número de laboratorios participantes y la capacidad de respuesta de los mismos. Los ejercicios han colaborado a mejorar las capacidades analíticas y de medida de los laboratorios nacionales: se han homogeneizado los sistemas de calibración, y se consiguen límites de detección y AMD cada vez más bajos dentro de los niveles de confianza requeridos. Las reuniones anuales que organiza el CSN para la presentación de resultados, constituyen además un foro para las discusiones activas entre los participantes que facilitan la actualización y depuración de sus métodos de análisis.

La aplicación del protocolo IUPAC/ISO/AOAC en las últimas campañas, ha mostrado ser una forma más objetiva de evaluación para ejercicios inter-laboratorio que permite obtener recomendaciones respecto a los métodos empleados, realizar una estimación de la exactitud de los datos, y

asegura la comparabilidad de los distintos ejercicios.

Toda la información resultante de estos ejercicios queda documentada periódicamente en el CSN, proporcionando una mayor fiabilidad de los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental.

## REFERENCIAS

- (1). ISO GUIDE-43. "Development and operation of laboratory proficiency testing". (1984)
- (2). Thompson, M., Wood, R. "The international harmonized protocol for the proficiency testing of (chemical) analytical laboratories". Pure and Applied Chemistry vol. 65, nº 9, pp. 2123-2144. IUPAC. (1993).
- (3). Travesí, A., Sanjuan, J. "Evaluación de los resultados de la I intercomparación de métodos de medida de la radiactividad (1985-1986)". CIEMAT/PRYMA/M2D/02/87. (1987).
- (4). Travesí, A. "Resultados obtenidos y evaluación de la I Intercomparación de métodos de medidas de la radiactividad entre Centrales Nucleares PWR (1990-1991). Informe Final" CIEMAT/PRYMA/UCRE/11/91. (1991)
- (5). Travesí, A. "Intercomparaciones analíticas de medidas de radiactividad. Filosofía, experiencia de PRYMA y evaluación de costes". CIEMAT/PRYMA/UCRE/14/89. (1989).
- (6). GS-4.1. "Diseño y desarrollo del programa de vigilancia radiológica ambiental para centrales nucleares". (1993)
- (7). Romero, L. "Implantación de las recomendaciones de la IUPAC para la Organización y Evaluación de Intercomparaciones (tratamiento estadístico)" CIEMAT/IMA/PIRA/06/97 (1997)
- (8). Romero, L. "Evaluación de la intercomparación CSN/CIEMAT-96 entre laboratorios nacionales de radiactividad ambiental (Sedimento lacustre) Informe final al CSN" CIEMAT/IMA/PIRA/07/97. (1997)
- (9). Ramos, L., Romero, L., Salas, R., "Intercomparaciones analíticas en muestras ambientales. Campaña 1999". Seguridad Nuclear nº16 III Trimestre. (2000)
- (10). Brookes, C.J. et al. "Significance Tests. Fundamentals of mathematics and statistics" Wiley. pp. 369-377. New York. (1979).

# Validación de un modelo de eficiencia radiológica de contramedidas aplicables a suelos agrícolas contaminados por radiocesio

Milagros Montero, Carmen Vázquez, Montserrat Moraleda y Francisco Claver  
CIEMAT

## RESUMEN

*Las diferencias encontradas en la eficiencia radiológica de las mismas intervenciones agroquímicas sobre diferentes medios agrícolas contaminados por radionucleidos de vida larga ha conducido a la necesidad de conocer y cuantificar con precisión la influencia de las características locales sobre la transferencia. Dentro del marco de los Sistemas de Ayuda a la Decisión para la recuperación ambiental post-accidente se ha desarrollado una aproximación semi-mecanicista para estimar el factor de transferencia suelo-planta a partir de las propiedades que influyen en la biodisponibilidad del radiocesio para ser absorbido por los cultivos. El modelo describe, para cada clase textural de suelo, los efectos del tiempo y del contenido de K intercambiable. La aproximación permite estimar la magnitud correspondiente a las condiciones presentes y de mínima transferencia posible y calcular la enmienda óptima para garantizar la máxima eficiencia radiológica en un escenario suelo-cultivo determinado. En este trabajo se describe el proceso de parametrización y validación del modelo, realizado a partir de la información contenida en una base de datos relativa a un conjunto de estudios experimentales de transferencia suelo-cultivo.*

## SUMMARY

*The differences shown in the radiological efficiency applying the same agrochemical interventions on a range of contaminated agricultural scenarios by long-live radionuclides have conducted the radioecological studies to quantify the influence of local characteristics on the soil-to-plant transference. In the framework of the Decision Support Systems for post-accidental environmental restoration, a semi-mechanistic approach has been developed to estimate the soil-to-plant transfer factor from the major properties underlying the bioavailability of radiocaesium in soils and the absorption capacity by the crop. The model describes, for each soil texture class, the effects of time and K status on the transference of radiocaesium to plants. The approach lets to estimate the actual and the available minimum transference and to calculate the optimum amendment warranting the maximum radiological efficiency on an specific soil-crop combination. The parameterization and validation of the model from a database providing information about experimental transference studies for a collection of soil-crop combinations are shown.*



## INTRODUCCIÓN

Decidir la intervención óptima sobre un suelo agrícola contaminado por radionucleidos susceptibles de ser transferidos a la vegetación, depende de la relación entre su coste y el posible beneficio obtenido. En este caso, el beneficio persigue la reducción de las dosis impartidas a la población a través de la cadena alimentaria. Entre las diferentes alternativas de intervención se encuentran las contramedidas agroquímicas que reducen la transferencia del radionucleido a los cultivos mediante la modificación de las condiciones fisicoquímicas del suelo. El problema que se plantea es conocer cuál es el valor real del factor de transferencia suelo-planta en el escenario contaminado y como puede modificarse para alcanzar una transferencia mínima de la contaminación.

Los modelos mecanicistas de suelo que se están desarrollando actualmente presentan la ventaja respecto a las descripciones puramente empíricas de poder estimar la transferencia en función de las características específicas del escenario. Sin embargo, la gran cantidad de parámetros del suelo, además de los propios del cultivo, que están involucrados en la transferencia de los radionucleidos y las posibles interacciones entre ellos hacen sumamente difícil determinar cuantitativamente el efecto individual de cada uno sobre la magnitud de la transferencia a menos que se disponga de un gran volumen de información.

Se ha desarrollado una aproximación semi-mecanicista para cuantificar el efecto sobre la transferencia suelo-planta de aquellos parámetros del suelo que influyen en la biodisponibilidad del radiocésio con el objetivo de incor-

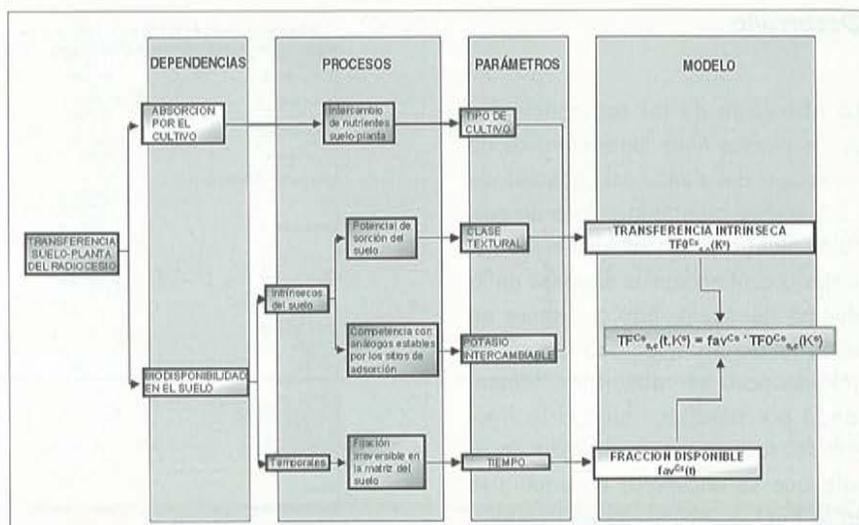


Figura 1: Desarrollo del modelo conceptual de la transferencia suelo-planta para el radiocésio ( $TF_{s,c}^{Cs}$ ).

porarla en el Sistema de Ayuda a la Decisión desarrollado dentro del proyecto europeo TEMAS (Techniques and Management Strategies for Environmental Restoration and their Ecological Consequences)(1). La disponibilidad de una base de datos con resultados experimentales de transferencia suelo-planta para un amplio rango de situaciones nos ha permitido parametrizar y validar el modelo propuesto. Se presentan, como ejemplo representativo, los resultados obtenidos para los suelos arenosos con cultivo de cereales.

### MODELO CONCEPTUAL DE LA TRANSFERENCIA SUELO-PLANTA

#### Antecedentes

La eficiencia radiológica de las contramedidas agroquímicas viene determinada por la reducción en el factor de transferencia suelo-planta del radionucleido ( $TF_{s,c}^{Cs}$ ) originada por una modificación del estado fisicoquímico del suelo tras la intervención:

$$FR_{CM}^{Cs} = \frac{[TF_{s,c}^{Cs}]_0}{[TF_{s,c}^{Cs}]_{CM}} \quad \forall t_i \leq t \leq t_i + (t_{ef}^{CM} - 1)$$

donde,

$FR_{CM}^{Cs}$  es el factor de reducción en la transferencia del radiocésio desde el suelo  $s$  al cultivo  $c$ , previsto al aplicar la contramedida  $CM$ .

$[TF_{s,c}^{Cs}]$  representa el Factor de Transferencia suelo  $s$ -cultivo  $c$  en las condiciones iniciales  $0$  y tras la intervención  $CM$ . [ $Bq \text{ kg}^{-1} \text{ dw}$  cultivo por  $Bq \text{ kg}^{-1} \text{ dw}$  suelo].

$t_i$  representa el momento de la intervención, expresado como tiempo después del depósito. [años].

$t_{ef}^{CM}$  representa el periodo de tiempo durante el que la contramedida es efectiva ( $FR > 1$ ), que en el caso de las agroquímicas equivale al tiempo de mantenimiento de las nuevas condiciones del suelo. [años].

La intervención agroquímica tendrá la máxima eficiencia si se consiguen unas condiciones en el suelo en las que se de la mínima transferencia de contaminación. El problema es saber de antemano cuáles son estas condiciones óptimas y cómo obtenerlas. La modelización semi-mecanicista que proponemos ofrece una aproximación para resolver este problema.

### Desarrollo

La absorción de los radionucleidos por las plantas tiene lugar a través de la solución del suelo. Así, además de la capacidad que cada cultivo en particular muestra para absorber los nutrientes o contaminantes disueltos en la solución del suelo, hay que tener en cuenta la biodisponibilidad del radionucleido para ser absorbido (entendiendo por biodisponibilidad la fracción del radionucleido disuelto en el suelo que se encuentra en equilibrio con la fracción absorbida en la matriz sólida). En la aproximación conceptual se consideran los siguientes procesos que controlan el equilibrio entre la matriz y la solución del suelo (Figura 1):

- Procesos intrínsecos del suelo:
  - La capacidad de sorción del suelo. Determinada por la clase textural (s = arena, limo o arcilla).
  - Competencia por los sitios de intercambio con análogos estables. Determinada por el contenido en potasio intercambiable ( $K^+$  [meq/100g])
- Procesos temporales:
  - La fijación irreversible sobre sitios específicos de los minerales de arcilla. Determinada por la presencia de arcillas ilíticas y micáceas en la matriz del suelo.

El modelo diferencia entre una "Transferencia Intrínseca", afectada por los parámetros que caracterizan los procesos intrínsecos del suelo y el cultivo ( $TFO_{s,c}^{Cs}(K^+)$ ), y una "Fracción de Disponibilidad", afectada por los procesos temporales ( $fav^{Cs}(t)$ ). La combinación de ambos factores permite estimar el factor de transferencia suelo-planta en las condiciones específicas que presente el escenario agrícola:

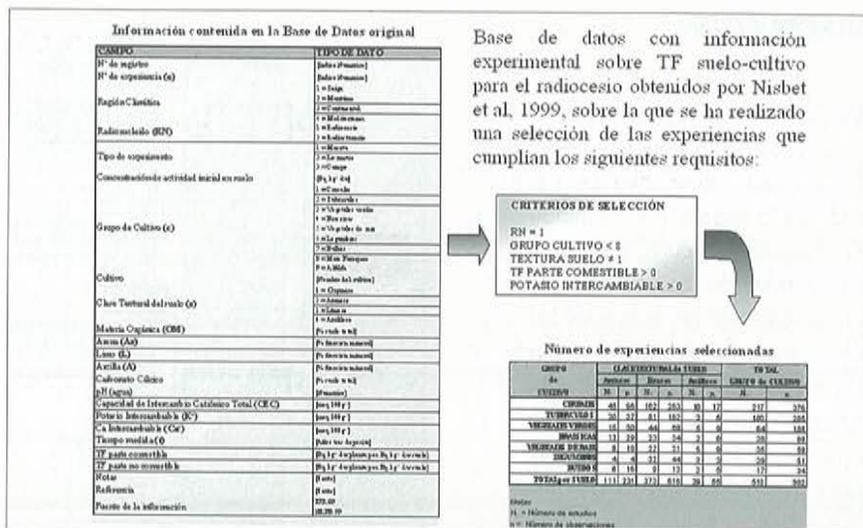


Figura 2: Selección de los datos utilizados en el estudio a partir de la información contenida en las bases de datos de factores de transferencia.

$$TF_{s,c}^{Cs}(t, K^+) = fav^{Cs}(t) * TFO_{s,c}^{Cs}(K^+)$$

### PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO

#### Datos Utilizados

Se ha utilizado una base de datos que contiene información sobre TF suelo-cultivo para radiocésio y radioestroneo obtenida de estudios experimentales realizados en diferentes condiciones de suelo, cultivo y tiempo. La compilación se realizó a partir de fuentes bibliográficas en combinación con otras fuentes inéditas (2). De los 2006 registros relativos al radiocésio que en total contiene la base de datos, se han seleccionado los que se refieren a los estudios de transferencia a la parte comestible de cultivos destinados al consumo humano realizados en suelos minerales en los que se conocía el contenido de potasio intercambiable. Con estos criterios se han obtenido 902 observaciones válidas, distribuidas entre 513 estudios diferentes (Figura 2).

### Método de Análisis

Se ha utilizado un método no paramétrico, denominado método de comparación relativo (3) para obtener en primer lugar una evaluación por separado de la influencia de cada factor sobre la transferencia. Consta de los siguientes pasos:

- 1- Agrupación de los datos de forma que en cada grupo se mantengan constantes todos los parámetros, excepto el que se evalúa.
- 2- Clasificación de los datos de cada grupo en clases respecto al parámetro que se evalúa.
- 3- Obtención de un valor promedio para la transferencia por clase.
- 4- Representación respecto al parámetro de interés.
- 5- Descripción cuantitativa de las relaciones observadas mediante el ajuste de los datos usando técnicas de regresión.

### Resultados

Se presentan los resultados obtenidos para cada factor a través de cada uno de los pasos anteriores.



Parámetros Modelo		
NOMBRE	VALOR	Unidades
$P_{fast}$	0,7	
$k_r$	0,589	años <sup>-1</sup>
$k_s$	0,0877	años <sup>-1</sup>
Correlación	0,97	

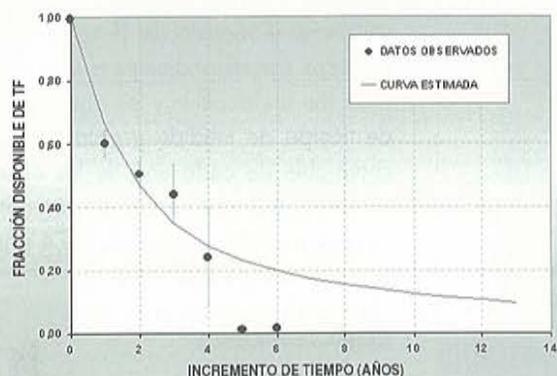


Figura 3: Resultados obtenidos del análisis del efecto del tiempo sobre la biodisponibilidad del radiocésio

Ejemplo de Resultados: Parámetros Modelo CEREAL - ARENA		
NOMBRE	VALOR	Unidades
$TFO_{s,c}^{Cs} (0)$	1,93E-01	Bq kg <sup>-1</sup> dw plant per Bq kg <sup>-1</sup> dw soil
$[K^*]_{lim}$	0,49	meq 100g <sup>-1</sup>
$TFO_{s,c}^{Cs} ([K^*]_{lim})$	1,64E-02	Bq kg <sup>-1</sup> dw plant per Bq kg <sup>-1</sup> dw soil
Correlación	0,93	

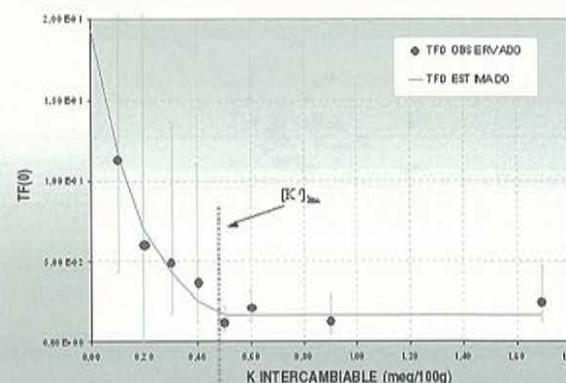


Figura 4: Efecto del potasio intercambiable del suelo sobre la transferencia del radiocésio en la combinación arena-cereal.

### 1. Efecto del tiempo sobre la biodisponibilidad del radiocésio

a)- Obtención de las fracciones de biodisponibilidad, correspondientes a las observaciones realizadas en cada experimento (e), como la relación entre el valor del factor de transferencia observado y el máximo valor experimental.

$$[fav(t_r)]_e = \left[ \frac{TF_{s,c}^{Cs}(t)}{TF_{s,c}^{Cs}(t_0)} \right]_e \quad \forall t \geq t_0, t_r = t - t_0$$

$$\text{siendo } [TF_{s,c}^{Cs}(t_0)]_e = \max([TF_{s,c}^{Cs}(t)]_e)$$

b)- Se agrupan en clases respecto al tiempo relativo ( $t_r$ ) con intervalos de un año.

c)- Se obtiene el valor promedio de las fracciones de biodisponibilidad en cada una de las clases temporales.

$$fav^{Cs}(t_r) = \frac{\sum_e [fav(t_r)]_e}{n(t_r)}$$

d)- Se asume que el cambio temporal en la biodisponibilidad del radiocésio

en el suelo ocasionado por la adsorción irreversible sobre las superficies cargadas de las ilitas se representa mediante un proceso cinético de primer orden con dos componentes que representan una fijación rápida y otra lenta (4):

$$fav^{Cs}(t) = P_{fast} * e^{-k_r * t} + (1 - P_{fast}) * e^{-k_s * t}$$

donde,

$fav_{s,c}^{Cs}$  es la fracción del radiocésio biodisponible en el suelo  $t$  años después del depósito.

$k_r$  es la constante de velocidad de fijación rápida.

$k_s$  es la constante de fijación lenta.

$P_{fast}$  es la proporción del radiocésio biodisponible inicialmente, en el momento del depósito, que está sujeto al proceso de fijación rápida.

Se ajustaron los resultados obtenidos a esta ecuación usando una técnica de regresión no lineal de Marquardt y obteniendo los parámetros que se muestran en la Figura 3. El ajuste de la cur-

va obtenida a los datos observados presenta una correlación de  $r^2 = 0,97$ .

### 2. Efecto del potasio intercambiable del suelo sobre la transferencia

Previamente se realiza una corrección de cada uno de los valores observados experimentalmente (subíndice obs) respecto al tiempo usando la formulación obtenida para la fracción disponible:

$$[TFO^{Cs}]_{obs} = \frac{[TF^{Cs}(t)]_{obs}}{fav^{Cs}(t)}$$

a)- Agrupación de los valores de TFO en grupos según la combinación suelo-cultivo ( $TFO_{s,c}^{Cs}$ )

b)- Los valores observados para cada combinación suelo-cultivo se clasifican según el contenido en potasio en intervalos de 0,1 meq/100g.

c)- Se asume que el factor de transferencia sigue una distribución log-normal por lo que se calcula la media de los valores de LnTFO incluidos en cada una de las clases de potasio establecidas por combinación suelo-cultivo.

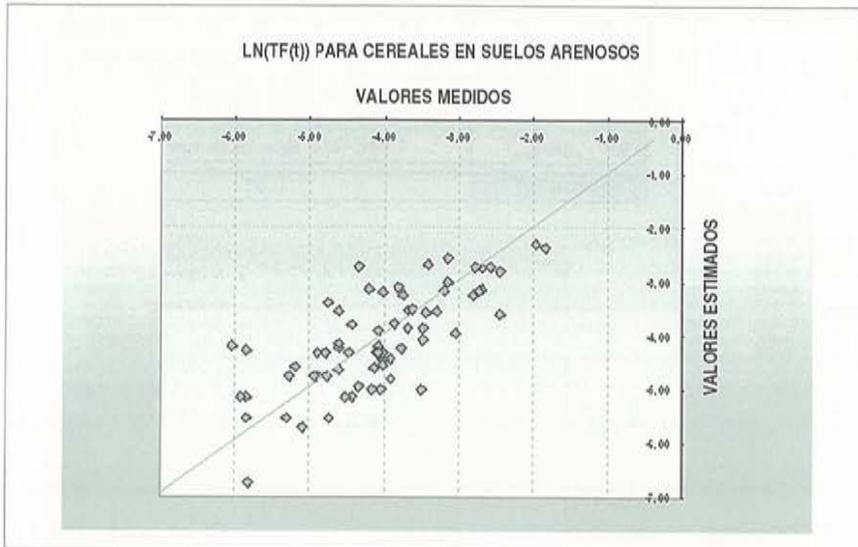


Figura 5: Relación entre los factores de transferencia observados y los estimados con el modelo en una muestra de cereales sobre suelos arenosos.

d)- La representación de los Ln TFO respecto a las clases de potasio muestra una tendencia negativa según se incrementa el potasio en el suelo, hasta un punto a partir del que el Ln TFO se mantiene constante ( $[K^{lim}]$ ). El modelo teórico de esta relación queda formulado como sigue:

$$\text{Ln}[TFO_{s,c}^{Cs}(K^s)] = \frac{(\text{Ln}(TFO_{s,c}^{Cs}(0)) - \text{Ln}(TFO_{s,c}^{Cs}([K^s]_{lim})))}{-[K^s]_{lim}} \times (\text{min}[K^s, [K^s]_{lim}] - [K^s]_{lim}) + \text{Ln}(TFO_{s,c}^{Cs}([K^s]_{lim}))$$

e)- La parametrización, para cada combinación suelo-cultivo, se ha realizado diferenciando los dos tramos de la curva:

- Los valores del Ln(TFO) en el tramo con pendiente negativa se han ajustado a una recta mediante técnicas de regresión lineal.
- En el otro tramo se asume una recta con pendiente nula, resultando la ordenada en el origen como el valor promedio de los Ln(TFO) en ese tramo. Este valor representa la mínima transferencia que se puede encontrar para un cultivo en un suelo con una textura dada.
- De la intersección de ambas rectas se obtiene el valor de K correspondiente al nivel límite para el conjunto suelo-cultivo bajo estudio.

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos en el caso concreto de las observaciones realizadas para la combinación arena-cereal. En este caso, se observa que a partir de un nivel de, aproximadamente, 0,5 meq/100g de K intercambiable en el suelo, la magnitud de la transferencia se mantiene prácticamente inalterable en un nivel mínimo de 1,6E-02 Bq kg<sup>-1</sup> cultivo (dw) por Bq kg<sup>-1</sup> suelo (dw).

### VALIDACIÓN DEL MODELO

Con el fin de validar la aproximación desarrollada para estimar el factor de transferencia del Cs en diferentes escenarios reales, se realizó la comparación en-

tre los correspondientes valores observados y estimados en una submuestra seleccionada de la base de datos. En la Figura 5 se muestra la relación entre los factores de transferencia observados en una muestra de cereales cultivados en suelos arenosos y los estimados utilizando el modelo de TF con los parámetros correspondientes a esta combinación suelo-cultivo y los datos reales de tiempo de medida y potasio intercambiable de cada una de las observaciones. El factor de correlación obtenido es bastante aceptable, 0,74 para una probabilidad del 95%.

### CONCLUSIONES

Bajo el prisma de la intervención agroquímica sobre suelos agrícolas contaminados por radiocesio, las principales conclusiones que se han derivado del desarrollo y resultados de la aproximación semi-mecanicista del proceso de transferencia suelo-plantas son:

1- Se ha verificado y caracterizado la existencia de una variabilidad significativa de la transferencia a lo largo del tiempo, al menos hasta 5-6 años después del depósito del contaminante.

2- La cuantificación de los efectos de la clase textural y el contenido de potasio del suelo sobre la transferencia permiten deducir las condiciones en las que una enmienda potásica puede ser eficiente como contramedida:

-La enmienda será eficiente en suelos con un contenido en potasio intercambiable menor que el  $K_{lim}$  de ese suelo. Cuanto menor sea el contenido inicial mayor podrá ser la reducción obtenida y, por tanto, mayor la eficiencia conseguida. Por encima del nivel límite la enmienda no es aplicable.

- El mínimo nivel en la transferencia que se puede alcanzar tras una enmienda



varía con el tipo de suelo según la secuencia arena > limo > arcilla.

- El nivel de potasio correspondiente a la mínima transferencia ( $K_{lim}$ ) varía también con el tipo de suelo según la secuencia arcilla  $\geq$  limo > arena.

3.- De acuerdo a lo anterior, se ha formulado un modelo de cálculo de la enmienda óptima, requerida para obtener la mínima transferencia en cada tipo de suelo y, por tanto, la máxima eficiencia posible:

$$[K^s]_{CM} = (1 + L^s) * ([K^s]_{op} - K^s)$$

donde,

$[K^s]_{CM}$  es el potasio añadido al suelo [meq 100g<sup>-1</sup>].

$[K^s]_{op}$  es el nivel límite de potasio para el tipo de suelo considerado [meq 100g<sup>-1</sup>].

$K^s$  es el nivel actual de potasio [meq 100g<sup>-1</sup>].

$L^s$  es la fracción de potasio del suelo que se pierde por lixiviación.

4.- Para mantener la eficiencia de la contramedida a lo largo del tiempo hay que realizar un mantenimiento de las condiciones alcanzadas en la intervención, supliendo al suelo la cantidad de potasio que anualmente se pierde por lixiviación.

## REFERENCIAS

1. CIEMAT, ed. TEMAS Project. Techniques and Management Strategies for Environmental Restoration and Their Ecological Consequences. Final Report. Colección Documentos CIEMAT. 84pp. (2000).
2. Nisbet, A.F.; Woodman, R.F.M. & Haylock, R.G.E. Recommended Soil-to-Plant Transfer Factors for Radiocaesium and Radiostrontium for Use in Arable Systems. Chilton, NRPB-R304 (1999).
3. van Bergeijk, K.E.; Noordijk, H.; Lembrechts, J. & Frissel, M.J. Influence of pH, Soil Type and Soil Organic Matter Content On Soil-to-Plant Transfer of Radiocaesium and -Strontium as Analyzed by a Nonparametric Method. J. Environ. Radioactivity 15 : 265-276, (1992).
4. Rauret, G. & Firsakova, S. The Transfer of Radionuclides through the Terrestrial Environment to Agricultural Products, including the Evaluation of Agrochemical Practices. EUR-16528. (1996).

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Los artículos deberán cumplir las siguientes normas técnicas:

### 1. Originales

- El idioma de la revista es el castellano
- El trabajo original tendrá una extensión máxima de 10 páginas (cuerpo 12, interlineado sencillo). Los gráficos, dibujos y fotografías se consideran aparte.

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

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

### 2. Título y Autores

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

### 3. Resúmenes en castellano y en inglés

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

### 4. Texto

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

### 5. Referencia Bibliográfica

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

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

### 6. Ilustraciones y Tablas

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

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

# La DARI, una nueva unidad de dosis por radiación

**Agustín Alonso**

Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear

***El Premio Nobel francés Georges Charpak y el Doctor Richard L. Garwin, de la Academia de Ciencias de los EE.UU., han propuesto una nueva unidad para la medida de la dosis de radiación -la DARI- con la pretensión de racionalizar el debate nuclear.***

El concepto de dosis y la evolución de las correspondientes unidades de medida constituyen uno de los capítulos más interesantes de la física de las radiaciones. Cuando la materia es viva, el interés se centra en inferir los efectos biológicos a través de la medida de la dosis. A tal efecto, con referencia a la persona, se ha creado la unidad *sievert*, del sistema internacional. Un *sievert* es la transferencia, desde la radiación al sujeto irradiado, de un julio de energía por cada kilogramo del tejido afectado, ponderado por coeficientes que tienen en cuenta la naturaleza de la radiación y el órgano irradiado.

Aunque el significado físico del *sievert* sea claro, incluso los expertos tienen dificultades para visualizar la importancia de haber recibido una determinada dosis medida en *sievert* o en cualquiera de sus submúltiplos. Este entendimiento es irremediamente muy escaso cuando ha de ser apreciado por los individuos no expertos, y cobra especial interés cuando se discute acerca de la salud y seguridad de la población que vive en los alrededores

de una central nuclear, por ejemplo. Esta discusión tiene en la actualidad una relevancia especial, ya que el entendimiento, satisfactorio y completo, del concepto *sievert*, por todas las partes en conflicto, es la luz que puede aclarar la situación y la base de cualquier decisión política sensata sobre el futuro de la energía nuclear.

La manifiesta dificultad del *sievert* en la discusión pública sobre la energía nuclear es reconocida desde antiguo; por ello se han creado otras unidades, lo más cercanas posibles a aquello que se percibe o es natural, como la *dosis anual a causa de la radiación natural* o la DARA, que no se ha consolidado ni universalizado a causa de la gran variabilidad de tal dosis con la longitud, latitud y altura del lugar, y con la composición de las rocas y terrenos.

La variabilidad de la DARA ha sido superada recientemente en una interesante propuesta formulada por los Doctores Georges Charpak, del CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire), y Richard L. Garwin, miembro de la Academia de Ciencias de los EE.UU. El Prof. Charpak es un fisi-

co francés, nacido en Polonia en 1924, quien recibió el Premio Nobel de Física correspondiente a 1992 por sus estudios sobre las partículas elementales y por inventar y desarrollar en 1968 la cámara proporcional de hilos múltiples, herramienta esencial para el estudio de las partículas subatómicas.

La DARA consta esencialmente de dos componentes: *la irradiación externa y la interna*. La primera constituye el componente variable, antes mencionado; mientras que la dosis interna, casi completamente constante de un individuo a otro, es una referencia fiable, que Charpak y Garwin han utilizado para proponer la DARI (Dosis Anual a causa de la Radiación Interna), es decir, la dosis que cada individuo recibe al año a causa de los nucleidos radiactivos en el cuerpo. El tamaño y edad del individuo no importan en este caso, ya que la dosis es una unidad intensiva -energía transferida por unidad de masa-.

Los nucleidos radiactivos invariablemente presentes en el organismo humano, explican Charpak y Garwin,

son el potasio-40 y el carbono-14. El primero "es un residuo de los hornos nucleares estelares que han producido la materia terrestre hace ya más de cinco mil millones de años". Mientras que el carbono-14 es el producto de una reacción nuclear entre los neutrones cósmicos y el nitrógeno de la atmósfera. El primero se introduce en el organismo humano a través del metabolismo de los cloruros y el segundo a través de los compuestos carbonados que ingerimos. En el organismo humano, de forma más variable, pueden acumularse otros nucleidos radiactivos naturales, como el uranio-238 y el torio-232 y sus descendientes, pero éstos no son tenidos en cuenta en la propuesta de Charpak y Garwin.

La abundancia isotópica de potasio-40 en el potasio natural se ha estimado en el 0,0119%, y no fue identificado hasta 1935. El esquema de desintegración se representa en la fig.1. El 11% de los átomos de K-40 que se transmutan experimentan una captura electrónica y se convierten en átomos excitados de Ar-40 que se desexcitan emitiendo fotones de 1,46 MeV. El 0,6% de las transmutaciones por captura electrónica terminan en Ar-40 en su estado fundamental. El K-40 también se desintegra el 0,001% de los casos emitiendo un positrón, cuya energía máxima es de 0,49 MeV, convirtiéndose también en Ar-40. Como es sabido, el positrón se aniquila fácilmente con un electrón del medio, generando dos fotones de 0,51 MeV. Sin embargo, el modo principal de desintegración, 88,8%, es la emisión de una partícula beta con producción de Ca-40 estable. El período de semidesintegración se ha estimado en 1,31E9 años.

Se observa que la mayor parte de la dosis a causa del K-40 se debe a partí-

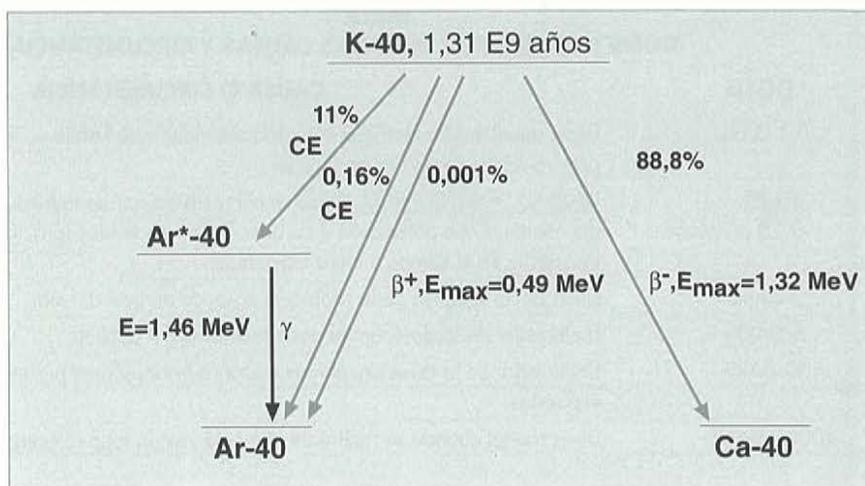


Fig.1.- Esquema de desintegración del K-40.

culas beta, aunque no cabe despreciar los fotones que siguen a la captura electrónica. Los fotones de la aniquilación tienen una importancia relativa muy pequeña. El contenido medio de K-40 en el cuerpo humano es unos 60 Bq/Kg, varía ligeramente con la edad y el sexo, pero es prácticamente independiente del lugar, lo que produce una dosis anual de unos 0,18 mSv. La radiación gamma del K-40 que se encuentra en el medio ambiente, y en otros individuos en nuestro entorno, es causa de una dosis externa de unos 0,15 mSv/año, pero este valor no es tenido en cuenta en la propuesta.

La primera indicación de la existencia de carbono-14 en la naturaleza fue advertida por F. Kurie de la Universidad de Yale, en 1934, si bien fue el científico Willard F. Libby quien más contribuyó a su conocimiento, origen y aplicaciones, en especial al uso del carbono-14 en la datación de muestras arqueológicas, por lo que obtuvo el Premio Nobel de 1960. El carbono-14 se produce en la atmósfera a causa de la reacción ya citada. Los átomos de C-14 así formados se oxidan formando

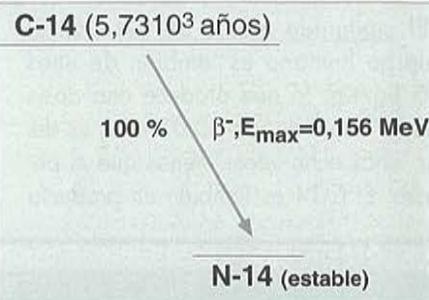


Fig.2.- Esquema de desintegración del C-14.

bióxido de carbono que se distribuye de forma uniforme en la atmósfera y la hidrosfera manteniéndose una situación de equilibrio. El bióxido de C-14 es absorbido por las plantas durante la fotosíntesis y de aquí pasa a las personas a través de los alimentos, tanto animales como vegetales. Por lo tanto, el carbono-14 se encuentra presente en todas las moléculas del cuerpo que contienen el elemento carbono, tales como proteínas, carbohidratos, grasas, enzimas y los ácidos nucleicos.

El C-14 es un emisor beta puro, cuyo esquema de desintegración se representa en la fig.2, regenerando el N-14 estable del que procedió. El período de semidesintegración es de 5.730 años.

**TABLA 1  
DOSIS EN DARIS POR DISTINTAS CAUSAS Y CIRCUNSTANCIAS**

DOSIS	CAUSA O CIRCUNSTANCIA
0,1 DARI	Dosis anual media recibida por cada individuo que habite en las proximidades de una central nuclear.
1 DARI 0,20 mSv/año	UNIDAD DE REFERENCIA. Dosis anual recibida por un individuo a causa del contenido de potasio-40 y carbono-14 en los tejidos (prácticamente invariable en el tiempo y entre individuos).
2 DARIS	Dosis anual a causa de la radiación cósmica al nivel del mar.
5 DARIS	Límite legal de la dosis anual para miembros del público.
100 DARIS	Límite legal de la dosis anual máxima para trabajadores profesionalmente expuestos.
40000 DARIS	Dosis mortal cuando se recibe de una sola vez en todo el cuerpo.

La energía de cada desintegración es de 0,156 MeV.

El contenido medio de C-14 en el cuerpo humano es también de unos 60 Bq/Kg, lo que produce una dosis media anual de unos 0,02 mSv; es decir, unas ocho veces menos que el potasio. El C-14 es también un producto

de activación que se genera durante el funcionamiento de las centrales nucleares y en las explosiones atómicas aéreas, pero esta contribución no se tiene en cuenta en la propuesta.

Charpak y Garwin han estimado la dosis en DARI's de distintas actividades y situaciones nucleares, como se

indica en la tabla 1.

Los Dres. Charpak y Garwin estiman que el uso de la DARI puede aclarar la polémica antinuclear y llevar a términos racionales la percepción pública de los riesgos radiológicos, eliminando así la radiofobia irracional. Así como "un baño en agua a 30°C es un placer -dicen los autores- y a 90°C es mortal", el aumento de la temperatura en unas décimas, o incluso unos grados, en cualquiera de los dos niveles

citados, no modifica las consecuencias. De igual forma, no debe preocupar a la población cualquier dosis por causas artificiales que sea una fracción o se encuentre en torno de la DARI. Si esta idea sirve para racionalizar el debate, más vale darla a conocer y utilizarla.



# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



**La Revista especializada  
en Protección Radiológica**

*El vehículo publicitario idóneo para transmitir el mensaje  
de su Empresa a todos los profesionales de este Campo.*

**Publicidad: Senda Editorial, S.A.**

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid • Tel.: 91 373 47 50 • Fax: 91 316 91 77 • e-mail: senda@sendaeditorial.com

## Vigésimo Aniversario del Consejo de Seguridad Nuclear

Con motivo del 20 Aniversario de su creación, el Consejo de Seguridad Nuclear celebró el pasado día 7 de noviembre un acto conmemorativo en el Congreso de los Diputados que contó con la presencia de numerosas autoridades entre las que se encontraban el ministro de asuntos exteriores, Josep Piqué Camps y el Secretario de Estado de Economía, de la Energía y de la Pequeña y Mediana Empresa, José Folgado Blanco.

Tras el discurso de apertura, realizado por la Presidenta del Congreso, Luisa Fernanda Rudi, se dió paso a la Conferencia que bajo el título "El Consejo de Seguridad Nuclear 20 años después" impartió D. Juan Manuel Kindelán, Presidente del CSN, en la que, además de hacer un repaso de lo que estos veinte años han supuesto en la trayectoria del Consejo, destacó los proyectos e iniciativas que se han llevado a cabo durante todo este tiempo, como el impulso de la investigación y la política tecnológica en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Así mismo señaló que entre los objetivos futuros del Congreso se encuentran los de mantener e incrementar los niveles de seguridad alcanzados, introducir mejoras en el ámbito de la normativa existente, incrementar la transparencia informativa y obtener el respeto de los ciudadanos por el trabajo del Consejo como institución que garantiza la seguridad nuclear y la protección radiológica.

Tras la conferencia inaugural los asistentes pudieron asistir a las dos mesas redondas en las que se debatieron temas como la relación del Consejo de Seguridad y las instituciones y la seguridad

nuclear como responsabilidad nacional dentro de un marco internacional.

## IV Jornadas de Investigación de ENRESA: "TERRA-INNOVA 2000"

Enresa ha organizado en Barcelona las IV Jornadas de Investigación Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Gestión de Residuos Radiactivos durante los días 20 al 25 de noviembre de 2000.

La I+D constituye una de las actividades clave de ENRESA, dado que debe suministrar las bases científicas y tecnológicas para el desarrollo y ejecución de las soluciones más adecuadas para la gestión de residuos radiactivos en aquellas áreas en las que la experiencia operativa industrial está menos desarrollada. Esto ocurre con la gestión de los residuos de alta actividad. En otros ámbitos de la gestión, como es la gestión de residuos de baja y media actividad, el desmantelamiento de instalaciones y la restauración ambiental, la I+D es la base para optimizar y mejorar las soluciones en curso al objeto de reducir los costes manteniendo o mejorando los niveles de seguridad.

ENRESA ha comenzado el Plan de I+D (1999-2003) sobre las bases de los resultados del Tercer Plan de I+D (1995-1999) y considerando las nuevas directrices estratégicas indicadas en el Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR), aprobado por el Gobierno en julio de 1999. En este contexto, el objetivo de las Jornadas ha sido difundir los resultados y la situación actual de la gestión de los residuos radiactivos en España, así como las nuevas orientaciones estratégicas de la I+D.

Estas IV Jornadas han sido, como las

anteriores celebradas en Madrid, denominadas TERRA-97, un vehículo de transmisión hacia la sociedad de los avances científicos y la innovación producidos en este campo, y cuyo objetivo ha sido compaginar el desarrollo industrial, conservando el medio ambiente. Es por ello que el lema "El Medio Ambiente como factor de innovación en la gestión de residuos" refleja claramente el espíritu de todas las actividades de ENRESA, orientadas a dar solución a la gestión de los residuos radiactivos aplicando el más alto nivel tecnológico bajo las premisas de la seguridad del hombre y la conservación, protección y mejora del medio ambiente.

Las Jornadas de I+D han combinado una serie de sesiones científicas, unos seminarios tecnológicos asociados y una exposición "TERRA-INNOVA 2000" a través de los cuales se han conjugado tanto la discusión y divulgación en el ámbito científico como la comunicación clara y transparente hacia la sociedad en las técnicas y actividades de gestión de residuos radiactivos.

Las comunicaciones científicas se han centrado en siete sesiones. Las ponencias de estas sesiones han sido de carácter sintético, aglutinando las actividades y logros de diferentes grupos de investigación. Se ha dado una visión de las actividades más relevantes de todas las líneas de I+D que promueve ENRESA.

Se han incluido también tres seminarios técnicos cuyo objetivo ha sido profundizar en alguno de los aspectos de especial relevancia dentro de la gestión. Los temas seleccionados para las jornadas han sido el comportamiento de radionucleidos en la biosfera, la modelización numérica en la gestión de residuos radiactivos y los laboratorios subterráneos como autores de generación de conocimiento.

Para finalizar, se preparó la exposición "TERRA-INNOVA 2000", en la que se han presentado las características más relevantes de las actividades de gestión que realiza ENRESA, con énfasis en la I+D asociada a cada una de las distintas actividades. El recorrido ha incluido las características principales y

las fuentes de generación de residuos en España, el tratamiento y almacenamiento de los residuos de baja y media actividad, las características de los residuos de alta actividad, su almacenamiento temporal y definitivo, los laboratorios subterráneos y el desmantelamiento y restauración ambiental. A través de esta visita, el público de todo tipo ha podido conocer cuál es la situación real de la gestión de los residuos radiactivos y sus perspectivas futuras.

Con posterioridad, ENRESA publicará los textos íntegros de las presentaciones de las Sesiones Científicas y los Seminarios.

Pedro Carboneras

## 26 Reunión Anual de la SNE

León fue el escenario elegido para la celebración, el pasado mes de octubre, de la 26 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. Del 4 al 6 de octubre se dieron cita en el Parador de San Marcos de la sede leonesa más de 600 participantes (512 inscritos y 133 acompañantes), demostrando, un año más, la calidad e interés que despiertan todas las actividades desarrolladas por la SNE.



Sesión de Apertura de la 26 Reunión Anual de la SNE

El Programa Técnico estuvo integrado por 265 ponencias, estructuradas en 27 Sesiones Técnicas y 2 Sesiones Plenarias. Entre las Sesiones Técnicas destacó la Sesión 22, compuesta por 6 ponencias que abordaron el tema de la Protección Radiológica. Las Sesiones Plenarias trataron temas de gran actualidad del sector nuclear, como son el "Panorama Energético Mundial", presidida por Pedro Mielgo, Presidente de Red Eléctrica de España, y "La Tecnología Nuclear del Mañana", presidida por Antonio Colino, Presidente de ENRESA. Cabe destacar como novedad de esta edición la realización de Sesiones Póster, que fueron muy bien acogidas por los asistentes.

El Programa Técnico se complementó

con un variado e intenso Programa Social, que permitió el disfrute de los asistentes a diferentes Actos Sociales, tales como Concierto de la Orquesta de Cámara leonesa "Camerata Laurentina", recital del grupo "La Braña", Cena de Gala, visita a la exposición "Las Edades del Hombre" en Astorga o campeonato de Golf. Además, el Programa de Acompañantes contribuyó a fomentar la relación entre los asistentes y a crear un ambiente distendido y ameno al margen del Programa Técnico.

Paralelamente a la Reunión Anual se celebró la Exposición de empresas de bienes y servicios, donde en esta edición han intervenido 28 empresas presentando sus nuevos productos y sirviendo de punto de encuentro de profesionales del sector nuclear.

Las Sesiones de Apertura y Clausura de esta 26 Reunión Anual corrieron a cargo de Aníbal Martín, Vicepresidente del Consejo de Seguridad Nuclear, y de Francisco Javier Arana Landa, Subdirector General de Energía Nuclear, respectivamente.

# NOTICIAS

de l

# MUNDO

## Conferencia General del OIEA

Entre el 18 y el 22 del pasado mes de Septiembre tuvo lugar en la sede central del OIEA en Viena la Conferencia General Anual de este Organismo con la asistencia y participación de altos representantes de los 130 Estados Miembros. La sesión inaugural incluyó un mensaje del Secretario General de Naciones Unidas, Kofi Annan y un informe del Director General del OIEA, Mohamed ElBaradei. El Profesor Dr. Ibrahim Othman, Director General de la Comisión de Energía Atómica de Siria fue elegido por los delegados Presidente de la Conferencia. A lo largo de la se-

mana de duración de la Conferencia, los delegados de los distintos países participantes consideraron un amplio conjunto de temas sobre el desarrollo pacífico de la tecnología nuclear, entre los que se incluyen los relacionados con la intensificación de los programas del OIEA en las áreas de seguridad nuclear, radiológica y residuos, la cooperación técnica y el sistema de salvaguardias. Otros de los temas incluidos en la agenda fueron los referentes a las medidas contra el tráfico ilícito de materiales nucleares y otras fuentes radiactivas, la implementación del acuerdo de salvaguardias con la República Popular de Corea y la implementación de las resoluciones del Consejo de Seguridad de Naciones

Unidas relativas a Irak. Durante la semana se celebró también un Foro Científico sobre "Gestión de Residuos Radiactivos: Pasar de las Opciones a las Soluciones". A título de ejemplo y en el tema de intensificación de la seguridad nuclear, radiológica y residuos, y en la promoción de la cooperación internacional en este campo, la Conferencia adoptó un número de resoluciones que refuerzan el marco global para la seguridad incluyendo resoluciones sobre la seguridad de la gestión de los residuos radiactivos, sobre educación y entrenamiento en protección radiológica y seguridad nuclear, sobre la seguridad del transporte de materiales radiactivos, sobre los criterios radiológicos para radionucleidos de vida larga en ciertos productos, especialmente alimentos, sobre la seguridad de reactores nucleares de investigación y sobre

los convenios de seguridad relacionados con la planificación y asistencia en emergencias y con la pronta notificación de un accidente nuclear.

## Reunión de ICRP

La Comisión Principal de ICRP se reunió en Bethesda, Maryland, del 6 al 8 de octubre pasado. Ésta ha sido la última reunión dentro del actual periodo 1997-2001. Previamente la Comisión Principal celebró reuniones con sus cuatro Comités establecidos, en la Universidad Xerox Document en Leesburg, Virginia, entre los días 1 al 5 del citado mes de octubre. Los cuatro Comités informaron a la Comisión del progreso realizado en relación con sus correspondientes actividades.

La Comisión Principal aprobó, para su publicación, dos informes preparados por el Comité 3 (Protección en Medicina), "Prevention of Accidents in Radiotherapy" y "of Patients in Computed Tomography". Estos dos informes suceden a otros dos previamente aprobados por la Comisión, "Radiological Protection in Interventional Radiology" y "Advice on Pregnancy in Medical Irradiation".

Para el próximo periodo 2001-2005, la Comisión Principal ha establecido dos Grupos de Trabajo. El primero de ellos tratará sobre Protección del Medio Ambiente y será presidido por Lars-Erik Holm. El Grupo pretende revisar la filosofía actual que esencialmente establece que si el hombre está protegido hasta el nivel considerado necesario, el resto de las especies están adecuadamente protegidas.

El segundo Grupo de Trabajo se establece con el fin de avanzar en el desarrollo de las próximas recomendaciones de la Comisión y será presidido por el actual Presidente de la misma, formando parte también del mismo el Vicepresidente de la Comisión y los Presidentes respectivos, para el periodo 2001-2005, de los cuatro Comités existentes. La Comisión revisó los comentarios recibidos en el último Congreso IRPA, celebrado en Hiroshima en mayo de 2000, junto a los elaborados por los cuatro Comités,

acordando que debe publicarse en la literatura científica la descripción del avance producido al respecto y los aspectos concretos que se identifiquen para ser objeto de estudio durante la próxima etapa de preparación de las recomendaciones. El plazo que se establece para su elaboración es el del periodo de actuación de la nueva Comisión Principal y Comités correspondientes.

Al objeto de cubrir las vacantes producidas en la Comisión Principal por el retiro de cinco de sus componentes (Dan Beninson, Charlie Meinhold, Hiro Matsudaira, Jea-Claude Nenot y Leonid Ilyin), fueron elegidos cinco nuevos miembros para formar parte de dicha Comisión durante el nuevo periodo 2001-2005 (Greta Dicus, Yasuhito Sasaki, Annie Sugier, Rudolf Alexhakin y Abel González. Los Presidentes de los cuatro Comités para el citado nuevo periodo son Roger Cox (Comité 1), Christian Strffer (Comité 2), Fred Mettler (Comité 3) y Bert Winkler (Comité 4).

Finalmente cabe destacar la reelección de Pedro Ortiz y David Cancio, ambos socios de nuestra Sociedad y profesionales destacados en sus respectivas especialidades, como miembros de los Comités 3 y 4, respectivamente, para el periodo citado anteriormente.

La próxima reunión de la nueva Comisión con sus cuatro Comités tendrá lugar en La Haya a principios del mes de septiembre de 2001.

## Comentarios a documentos de ICRP

La página WEB del ICRP ([www.icrp.org](http://www.icrp.org)) ha incluido un icono titulado News & Drafts (noticias y borradores) en el que se pueden encontrar los borradores de documentos de trabajo del ICRP que posteriormente se convertirán en Publicaciones del ICRP. Estos borradores están disponibles para toda aquella persona o institución interesada que quiera hacer llegar sus comentarios al ICRP. Actualmente está disponible el borrador de documento titulado: Managing Patient Dose in Computed Tomography (gestión de la dosis al paciente en tomografía) y la fecha tope

para la recepción de comentarios es el 31 de diciembre del presente año.

## Seminario sobre Información en Protección Radiológica

El pasado día 16 de junio se celebró en Estocolmo una jornada sobre "Información en PROTECCIÓN RADIOLÓGICA" convocada por el Instituto de Protección Radiológica Sueco al que asistieron representantes de los siguientes boletines e instituciones relacionadas con la protección radiológica: NRPB, Radiation Protection Dosimetry, Nuclear Issues, European ALARA Newsletter, Strahlenschutzpaxix, Radioprotection, Newsletter EULEP-EURADOS-UIR, SSI-News and Strålskyddsnytt, Radiation and Environmental Biophysics y el Journal of Radiation Protection.

El objetivo de la jornada era discutir sobre la forma de presentar tanto a un público informado como a lectores profanos los temas relacionados con las radiaciones ionizantes. Se presentaron diversas contribuciones muy interesantes que abarcaron los siguientes temas: Actitudes, creencias e incertidumbres de los riesgos, Miedos de la radiación y el papel de los periodistas, Reflexiones sobre las publicaciones de protección radiológica, Información de la protección radiológica en Internet, Formas de intercambiar información de protección radiológica por Internet entre editores antes de su publicación, Los medios de información, ¿Se puede preparar en Internet una revista de protección radiológica?, y, finalmente, ¿Cómo mejorar la información en protección radiológica?

En las discusiones finales se aventuró que en un futuro no mayor de 5 años, será necesario incorporar las publicaciones de protección radiológica en Internet, de lo contrario éstas desaparecerán. Se decidió continuar con estos contactos e invitar a editores no europeos como la Health Physics Society y hacer coincidir estas reuniones con congresos internacionales así como solicitar apoyo económico para seguir trabajando por una red europea de publicaciones de protección radiológica.

## Boletín ARCAL de Protección Radiológica

### Acuerdo Regional de Cooperación para la promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe

#### Proyecto ARCAL XX

• IV Reunión de coordinadores del Proyecto ARCAL XX: "Directrices para el Control de las Fuentes de Radiación".

Tuvo lugar en San Carlos de Bariloche, Argentina, del 1 al 5 de noviembre de 1999 con la participación de los Coordinadores del Proyecto de Argentina, Brasil, Cuba, Ecuador, México, Perú, Uruguay y, así como un representante del Coordinador del Proyecto de Chile. Se analizaron documentos sobre Radiografía Industrial, Medicina Nuclear, Radioterapia y un Manual del Inspector, y se revisó el Plan de Actividades del bienio 1999-2000.

• Reunión del Comité de Revisión de Documentos elaborados en el Proyecto ARCAL XX.

Tuvo lugar en México D.F. del 20 al 31 de marzo de 2000 y participaron los Coordinadores del Proyecto ARCAL XX de Argentina, Cuba, México, Perú y Venezuela y un representante del OIEA, y se revisaron diversos documentos elaborados por expertos de la Región que trataban de los siguientes temas: Seguridad Radiológica en la Prospección Petrolera y en la Radiografía Industrial, Control de Fuentes de Radiación a través de Indicadores de Desempeño y el Manual del Inspector.

• Reunión de Expertos para la elaboración de la Guía para un Sistema de Respuesta Inicial a Eventos Radiológicos.

Tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, del 17 al 28 de abril de 2000 en el Instituto de Ingeniería Nuclear (IEN) de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) y contó con la participación de expertos de Argentina, Chile, Cuba, Ecuador, México, Uruguay, Venezuela y Brasil, así como un representante del OIEA. En la reunión se preparó la Guía para la Identificación de las principales

Fuentes Radiactivas y Equipos utilizados en América Latina y el Caribe, y se elaboraron 53 fichas de radionúclidos y 80 de equipos.

• Reunión de Expertos para la Elaboración de la Guía Reguladora de Seguridad Radiológica en Radiodiagnóstico Médico.

Tuvo lugar en Cuzco, Perú, del 10 al 19 de marzo de 2000 y contó con la participación de expertos de Argentina, Brasil, México, Panamá y Perú. En la reunión se pasó revista y se avanzó en los documentos y borradores elaborados que trataban sobre la Seguridad Radiológica en la práctica del Radiodiagnóstico Médico, Solicitud de Autorización en la práctica del Radiodiagnóstico Médico y el Procedimiento para la realización de Inspecciones en la práctica del Radiodiagnóstico Médico.

• Proyecto ARCAL XLIX "Implantación de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales en las Prácticas Médicas"

Este proyecto con una duración de 3 años, tiene como objetivos generales la mejora en la protección radiológica en la práctica médica de los Rayos X en el diagnóstico a través de la implantación de las Normas Básicas de Seguridad y el desarrollo de acciones para promover programas autosostenidos. A lo largo del presente año se han desarrollado reuniones de expertos para la elaboración de guías que permitan la implantación de un Programa de Garantía de Calidad en el medio hospitalario, para la elaboración del segundo conjunto de Protocolos de Garantía de Calidad, se ha llevado a cabo el suministro de equipos según el plan previsto y se ha implantado el Programas de Garantía de Calidad en los hospitales de referencia.

• Proyecto ARCAL L "Maestría Regional en Física Médica"

Este proyecto pretende establecer en varios países de la región un curso de Física Médica a nivel de Maestría en Ciencias para paliar la carencia de físicos médicos en la región y atender la creciente demanda de estos profesionales. Actualmente el programa se lleva a cabo en Venezuela por el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y la Universidad Central de Venezuela. En él

participan 21 estudiantes de los que 19 reciben financiación del programa ARCAL/OIEA. Los 12 primeros meses la formación se lleva a cabo en el país sede del curso, luego los estudiantes continúan sus formación en centros médicos reconocidos realizando sus tesis doctorales y residencias clínicas.

• Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe FRALC

- Rodolfo Touzet, Presidente de la Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR) y Secretario General de la FRALC ha sido elegido miembro del Consejo Ejecutivo del IRPA para el periodo 2000-2004. El señor Touzet estuvo presente en nuestro último VIII Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica celebrado el pasado mes de septiembre en Maspalomas, Gran Canaria, y desde estas páginas queremos felicitarle por tal nominación.

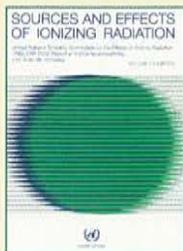
- La Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR) organizó una jornada en el salón de Actos de la Comisión Nacional de Energía Atómica para presentar los aspectos más relevantes del Congreso IRPA 10. En el mismo lugar se ha llevado a cabo del 28 al 30 de agosto la primera parte del curso sobre Aplicaciones Industriales de las Radiaciones Ionizantes. Del 16 al 20 de octubre tuvo lugar el curso internacional sobre Intervención Médica en accidentes, y del 8 al 10 de noviembre se ha celebrado el Congreso Anual de la SAR.

- La Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica (SMSR) ha organizado en el marco del GRIAPRA el Curso de Control de calidad en mamografía llevado a cabo en Morelia del 28 de agosto al 1 de septiembre.

- La Sociedad Peruana de Radioprotección ha renovado los cargos de su Junta Directiva que queda constituida como sigue - Presidente: Santiago Regalado Campaña; Vicepresidente: Efigenia Seminario Atoche; Secretario General: Eduardo Medina Gironzini; Secretario de Acción Científica: Rolando Paucar Jáuregui; Tesorero: José Luis Uehara Gusukuma; Secretario de Actas: Fernando Marquéz Pachas. El presidente saliente, Renán Ramírez Quijada, ha pasado a ser Presidente Honorario y asesor de la Junta Directiva conforme a los estatutos.

## Fuentes y Efectos de la Radiación Ionizante

### Informe UNSCEAR 2000 a la Asamblea General de las Naciones Unidas.

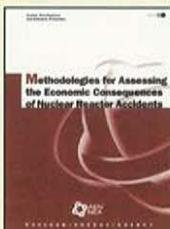


El informe constituye el más reciente de los que constituyen la serie que ha producido sobre el tema el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR) y consta de dos volúmenes. El volumen I titulado FUENTES

consta de un texto principal del informe y 5 Anexos científicos que revisan respectivamente las metodologías de evaluación de dosis, la exposición procedente de fuentes naturales, las exposiciones del público a las fuentes artificiales de radiación, las exposiciones médicas y las exposiciones ocupacionales. El volumen II titulado EFECTOS consta también de 5 Anexos científicos que tratan respectivamente de la mutagénesis y reparación del DNA, los efectos biológicos a bajas dosis de radiación, los efectos combinados de la radiación con otros agentes, la evaluación epidemiológica del cáncer inducido por radiación y las exposiciones y efectos del accidente de Chernobyl. El informe constituye sin duda un elemento de referencia y consulta imprescindible no sólo para los profesionales de la Protección Radiológica, sino también para todos aquellos interesados de una u otra manera en este campo, dada la magnitud, claridad y utilidad de la información contenida en el mismo y la precisa y objetiva elaboración de la misma.

## Metodologías para la evaluación de consecuencias económicas de Accidentes de Reactores Nucleares

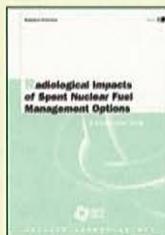
El informe presenta los resultados obtenidos por un grupo de expertos creado en el marco de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE para investigar las metodologías usadas en el cálculo de consecuencias económicas de accidentes y las bases de dichas metodologías. Los métodos de cálculo fueron evaluados desde tres perspectivas: compensación de las partes afectadas, gestión y



preparación para el accidente y opciones de generación de energía. El grupo concluye que la comparación de resultados numéricos es muy difícil, incluso para estimaciones desde la misma perspectiva, variando considerablemente los costes en función de las peculiaridades locales. Se proponen varias recomendaciones sobre como tales consideraciones pueden ser razonablemente tratadas en el trabajo futuro necesario. Entre los componentes del grupo de expertos figuran tres españoles, Juan Arco del CSN, Eduardo Gallego de la UPM y Carmen Vázquez del CIEMAT.

## Impacto Radiológico de opciones de gestión de Combustible Nuclear gastado

El principal objetivo de este estudio, realizado por un grupo de expertos en el marco del Comité de Protección Radiológica y Salud Pública de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, es la compilación de los datos más recientes y de la información sobre emisiones radiactivas en las diferentes etapas de dos ciclos de combustible seleccionados, con y sin reproceso, para analizar los impactos radiológicos, interpretar los resultados desde las perspectivas científica y tecnológica y contribuir a la discusión sobre el tema en los países miembros de la Agencia de Energía Nuclear. Dos ciclos de combustible de referencia (con y sin reproceso) basados en reactores de agua a presión (PWR) se seleccionaron para facilitar la comparación de los impactos radiológicos. El estudio ha usado datos reales de instalaciones de referencia seleccionadas considerando su escala, características tecnológicas, duración de la operación, características de los procesos de gestión instalados y requerimientos reguladores. El impacto radiológico se calculó con modelos genéricos complementados con resultados de estudios realizados por organizaciones nacionales e internacionales. Se hace notar que si bien el impacto radiológico es impor-



tante para el proceso de toma de decisiones, otros elementos excluidos de este estudio (p.e.: eficiencia de utilización, consideraciones económicas,) deben también ser consideradas en la elección del ciclo de combustible.

## ICRP: Historia, políticas y procedimientos

ICRP ha publicado un folleto titulado "International Commission on Radiological Protection: History, policies, procedures", donde se repasa la historia del ICRP, se indica su estructura y modo de funcionamiento, se detallan los objetivos de la comisión y se repasan de forma resumida los principales conceptos de sus recomendaciones, como son las magnitudes, los fundamentos biológicos en que se basan las recomen-



daciones, las prácticas, las intervenciones, las bases cuantitativas para la evaluación de los riesgos de las radiaciones ionizantes, la estructura del sistema de protección radiológica, y los problemas de interpretación más frecuentes de las recomendaciones del ICRP de la Publicación 60 de 1991.

El folleto es gratuito y puede conseguirse solicitándolo a la siguiente dirección:  
Dr. J. Valentin- ICRP - Scientific Secretary  
SE-171 16 Stockholm - SUECIA  
o por correo electrónico a: jack.valentin@ssi.se  
Se recomienda a todos los interesados que soliciten esta publicación

El folleto es gratuito y puede conseguirse solicitándolo a la siguiente dirección:  
Dr. J. Valentin- ICRP - Scientific Secretary  
SE-171 16 Stockholm - SUECIA  
o por correo electrónico a: jack.valentin@ssi.se  
Se recomienda a todos los interesados que soliciten esta publicación

## CARS 2000-Computer Assisted Radiology and Surgery

Para especialistas en el campo de la radiología, la informática médica, y la medicina y cirugía nuclear. Proporciona herramientas de trabajo indispensables para profundizar en el estudio de las técnicas para mejorar la salud del ser humano, específicamente en el campo de la medicina asistida por ordenador.

Más información:  
ELSEVIER SCIENCE B.V., P.O. Box 211  
1000 AE Amsterdam  
Tel.: +31 20 485 2603  
Fax: +31 20 485 2425  
bookreview@elsevier.nl  
<http://www.elsevier.nl>

## Protección Radiológica 2000

Edita: Comités Organizador y Científico del VIII Congreso Nacional de la SEPR

Este libro incluye las opiniones de los autores sobre distintos aspectos de Protección Radiológica presentadas por ellos mismos en las sesiones de "Conferencias Magistrales" del VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Con este trabajo se pretende ofrecer una aproximación, lo más completa posible, al conocimiento del estado de la Protección Radiológica en este momento histórico.

Cabe señalar como rasgo destacado de esta publicación la acertada combinación de expresión de conocimientos y de capacidad de divulgación de Protección Radiológica. La colaboración del Gobierno de Canarias, a través de su Consejería de Industria y Comercio, ha hecho posible que este trabajo vea la luz, en un intento de conseguir que la Protección Radiológica alcance, en Canarias, el mejor de los niveles posibles. El objetivo es conseguir que el uso de la radiación y de la radiactividad en las islas Canarias, y por extensión en todo lugar, sea tal que los beneficios que se obtengan sean

siempre claramente superiores a los riesgos que dicho uso comporta.

## Panorama de la legislación nuclear en Europa central y oriental y en los países de NEI



Esta publicación analiza la legislación y la reglamentación requerida en las utilizaciones pacíficas de la energía nuclear en Europa central, oriental y en los países de la CEI.

Todos los capítulos incluyen un resumen para facilitar la comprensión y la comparación de las informaciones. Esta publicación será sometida periódicamente a actualizaciones.

Más información:

CFC, 20 rue des Grands-Augustins, 75006 París (Francia)

Tel.: +33-1 44 07 47 70

Fax: +33-1 46 34 67 19

Web: <http://www.copyright.com/>

## • Third Eurosymposium on Protection against Radon Czech Society for Radiation Protection . Belgian Association for Radiation Protection

Liège, Belgium, 10 – 11 Mayo 2001

Michèle Delville A.I.M.

Rue Saint Gilles, 31B – 4000 Liège

Tel. + 32 (0)4 222 29 46

Fax + 32 (0)4 222 23 88

Email: [m.delville@aim.skynet.be](mailto:m.delville@aim.skynet.be)

## • Congrès National de Radioprotection. SFRP 2001

Centre International de Congrès "Vinci", 19 – 21 Junio 2001

Secrétariat de la SFRP- BP 72, F-92263

Fontenay-aux-Roxes Cedex

Tel. (33) 01 46 54 72 85

Fax (33) 01 46 54 83 59

Email: [jacques.lombard@ipsn.fr](mailto:jacques.lombard@ipsn.fr)

Web: <http://www.sfrp.asso.fr>

## • Congrès international de radioécologie-écotoxicologie des milieux continents et estuariens.

Centre de Congrès, Aix-en-Provence, France, 3 – 7 Septiembre 2001

ECORAD 2001- IPSN-DPRE Bât.02

Rue Auguste Lemaire B.P.0

92265 Fontenay-aux-Roses. France

Tel. (33) 01 46 54 79 06

Fax (33) 01 46 54 72 90

Email: [ecorad.2001@ipsn.fr](mailto:ecorad.2001@ipsn.fr)

Web: <http://www.ipsn.fr/ecorad2001>

## • The 8th International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation

Bruges (Brugge), Belgium,

30 Septiembre – 4 Octubre 2001

Organizada por The American Society of Mechanical Engineers, The Technological Institute of the Royal Flemish society of Engineers y The Belgian Nuclear Society.

<http://www.icemconf.com>

## • Eurocurso "PSA and Risk-Informed Decision Making"

Munich, 5 – 9 Marzo 2001

Coordinado por el GRS alemán- Mrs. E. Zybill

Forschungsgelände-Boltzmannstraße

85748 Garching bei München- Germany

Tel.: +49 89 32004 444

Fax :+49 89 32004 9065

e-mail: [zyb@grs.de](mailto:zyb@grs.de)

Web: <http://www.grs.de/psarid>

# CONVOCATORIAS

## • International Conference on the Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy

Málaga, España, 26-30 Marzo 2001

Un importantísimo evento científico en el que estarán representados todos los países de las Naciones Unidas con unos 1000 ó 1200 participantes según las primeras estimaciones. En el ámbito nacional y hasta la fecha, la participación organizativa correrá a cargo del M<sup>o</sup> de Sanidad y Consumo, la Junta de Andalucía y la Universidad de Málaga.

Ms. Hildegard Schmid

International Atomic Energy Agency

Fax No.: +43 1-26007

Email: [hildegard.schmid@iaea.org](mailto:hildegard.schmid@iaea.org)

Email address for paper submission:

[papers.patient@iaea.org](mailto:papers.patient@iaea.org)

Más información: Rafael Ruiz Cruces.

Grupo de Investigación en Protección

Radiológica, Departamento de Radiología y Medicina Física. Facultad de Medicina de la Universidad de Málaga.

C/Campus de Teatinos, s/n.- 29071 Málaga.

Tel.: 952 13 15 76 - Fax: 952 13 42 31

email: [rrcmf@uma.es](mailto:rrcmf@uma.es) • [www.pruma.uma.es](http://www.pruma.uma.es)

## • V Regional Congress on Radiation Protection and Safety. II Iberian and Latin American Congress of Radiological Protection Societies

Recife (Pernambuco), Brasil,

29 Abril – 4 Mayo 2001

El Congreso está organizado por la Sociedad de Protección Radiológica Brasileña (SBPR). Su objetivo es reunir a los profesionales de la industria, de las universidades y de los centros de investigación para presentar y discutir los últimos avances en las investigaciones.

El formulario de inscripción se encuentra en el site del congreso:

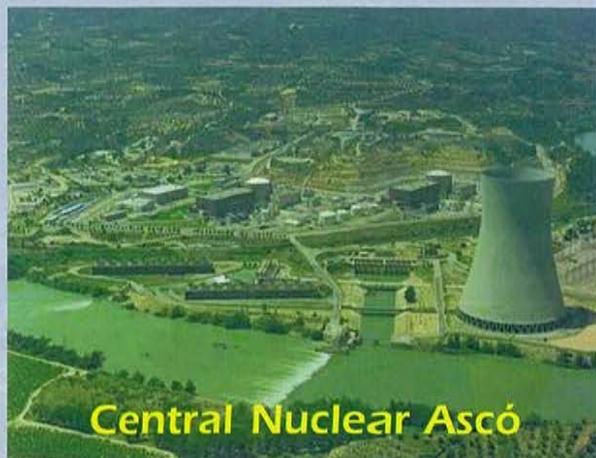
[www.propesq.ufpe.br/sbpr/congresso.htm](http://www.propesq.ufpe.br/sbpr/congresso.htm)



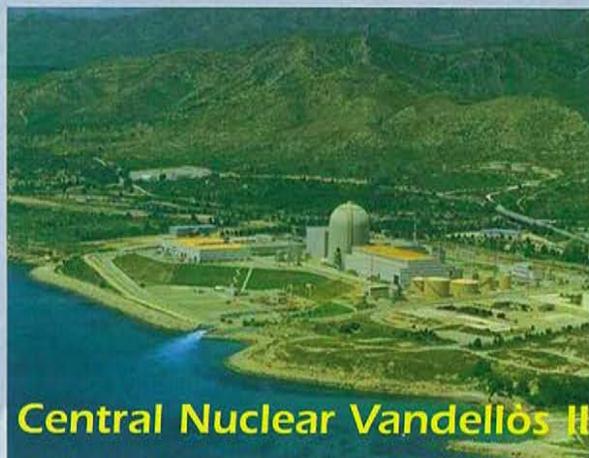
ASOCIACIÓN NUCLEAR  
ASCÓ - VANDELLOS II, A.I.E.



*Feliç Feliz Happy*  
**2001**



**Central Nuclear Ascó**



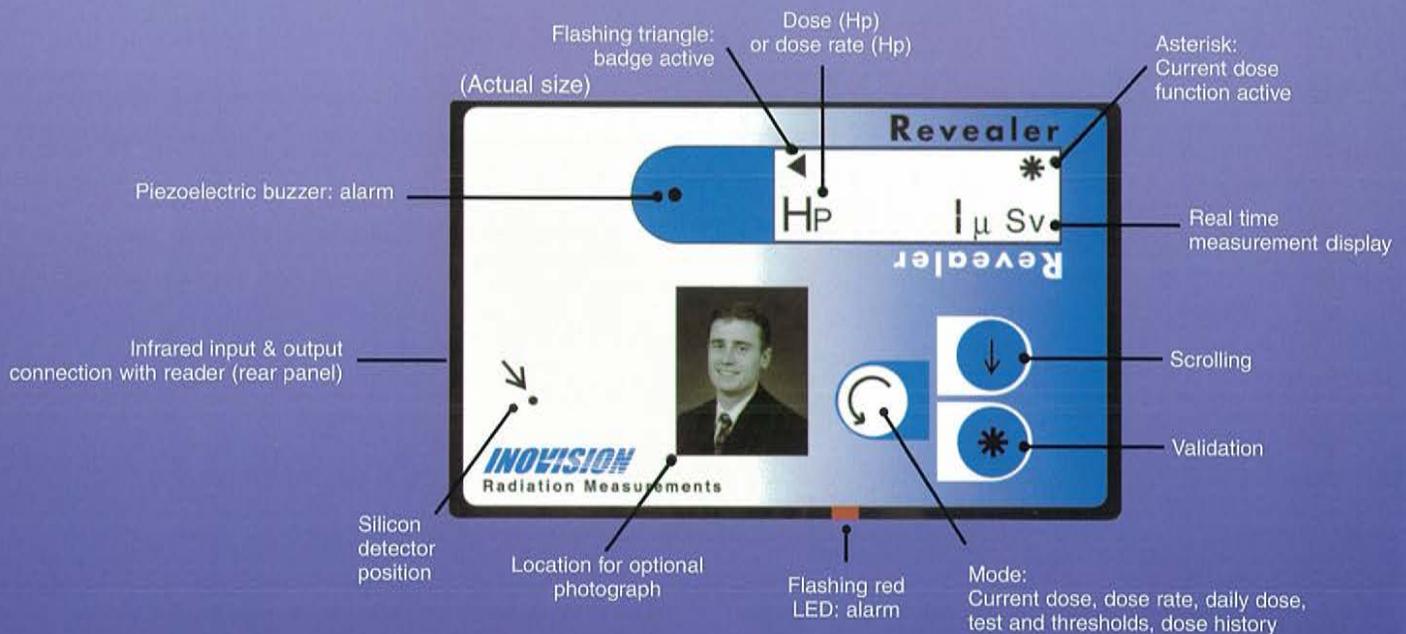
**Central Nuclear Vandellòs II**

**Trabajamos unidos con energía para  
contribuir al bienestar y el desarrollo**

**NOVEDAD**

**DOSÍMETRO PERSONAL CON ALARMA ACÚSTICA Y ÓPTICA CON EL TAMAÑO DE UNA TARJETA DE CRÉDITO:**

- MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL
- ACUMULA LA HISTORIA DE CINCO AÑOS
- MANEJO DE DATOS PC
- SOFTWARE EN WINDOWS



**I.F.M es representante en exclusiva de:**

**INOVISION-VICTOREEN-KEITHLEY.** Equipos para:

- Dosimetría personal y ambiental
- Dosimetría en radioterapia
- Control de calidad de Rayos X
- Control de calidad en radioterapia,

**NUCLEAR ASSOCIATES.** Equipos y accesorios para:

- Radiología/Fluoroscopia/Mamografía/Medicina Nuclear/Ultrasonido/ Protección Radiológica/Radioterapia/Control de calidad películas/Monitorización de radiación

**C.M.S. FOCUS:** Planificador de radioterapia

**EASYCUT:** Cortador de moldes en Radioterapia

**SCHUSTER:** Analizador rápido de haces en Radioterapia



# SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

afiliada a la

INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION (I.R.P.A.)

Correo electrónico: sepr.@sepr.org

## SOLICITUD DE ADMISIÓN

### Datos personales:

Apellidos		Nombre	
Dirección particular			
Código postal y Población			
Teléfono		Fax	Fecha nacimiento
Empresa o Centro de trabajo			Cargo
Dirección			
Código postal y Población			
Teléfono		Fax	e-mail
Estudios o formación			
Enviar Correspondencia a: Dirección particular <input type="checkbox"/> Lugar de trabajo <input type="checkbox"/>			

### Socios que avalan su candidatura

D/D <sup>ta</sup>
D/D <sup>ta</sup>

El abajo firmante solicita su ingreso en la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA comprometiéndose a cumplir sus Estatutos, en calidad de socio: Numerario  Agregado

..... Firma..... Fecha.....

### Sectores de actividad

Para su participación en la SEPR indique actividad profesional y/o área de interés.  
(Debe adscribirse por lo menos a un sector)

Reglamentación y Normativa  Medicina y Salud Pública  Investigación y Docencia   
Industria, Energía y Medio Ambiente  Actividades Técnicas y Comerciales

## DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad	Sucursal	D.C.	Número de Cuenta

CUENTA CARGO .....

Sr. Director de			
Calle/Plaza			
Localidad		Provincia	C. Postal

Muy Sr. Mío:

Le ruego que, hasta nueva orden, abonen con cargo a mi cuenta/libreta en esa Entidad, los recibos que a mi nombre les presente al cobro la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

Atentamente,

Nombre y Apellidos.....(firmado)



# calidad y experiencia

## al servicio de las centrales nucleares

Diseño, fabricación y suministro de elementos combustibles para reactores de agua a presión (PWR) y de agua en ebullición (BWR)

