

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## **Entrevista:**

**Antonio Colino**  
**Presidente de ENRESA.**

- ▲ **Contribución Invitada:**  
*Influencia en la salud del uranio empobrecido y de otros elementos externos, en la zona de los Balcanes*

*Programa para la Protección Radiológica del feto y recién nacido debido a la Exposición Médica de la madre*

- ▲ **Gestión Radiológica de materiales en Desmantelamiento**
- ▲ **Documentos SEPR**



**SOCIEDAD  
ESPAÑOLA  
DE PROTECCIÓN  
RADIOLÓGICA**

[www.sepr.es](http://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](mailto:secretaria.sociedades@medynet.com)

**Junta Directiva**

Presidente: *Ignacio Hernando*

Vicepresidente: *Pedro Carboneras*

Vicepresidente (IX Congreso): *Fernando Legarda*

Secretaría: *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, Josep Baró, Jerónimo Íñiguez, Fernando Legarda, M<sup>o</sup>*

*Teresa Macías, Patricio O'Donell, Pilar Olivares, Juan José Peña,*

*Rafael Ruiz*

Responsable: *Pedro Carboneras.*

**Comisión de Normativa**

*M<sup>o</sup> Luisa Chapel, Isabel Gutiérrez, Mercé Ginjume, Araceli*

*Hernández, Jerónimo Íñiguez, M<sup>o</sup> Jesús Muñoz, Teresa Ortiz,*

*Turiano Picazo,*

*Eduardo Sollet*

Responsable: *María Luisa España.*

**Comisión de Comunicación y Publicaciones**

*Beatriz Gómez-Argüello, José Gutiérrez, Olvido Guzman,*

*M<sup>o</sup> Teresa Macías, Carlos Prieto, Almudena Real, Eduardo Sollet*

Responsable: *Paloma Marchena.*

**Comisión de Asuntos Económicos y Financieros**

*Mercedes Bezares, Pío Carmena, Jesús de Frutos, Antonio López*

*Romero, Marisa Marco, Patricio O'Donell, María Teresa Ortiz,*

Responsable: *Eduardo Gallego.*

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Director:** *Eduardo Sollet*

**Coordinadora:** *Paloma Marchena*

**Comité de Redacción**

*Beatriz Gómez-Argüello, José Gutiérrez, Antonio López Romero,*

*Matilde Pelegrí, Carlos Prieto, Almudena Real*

**Comité Científico**

Coordinador: *José Gutiérrez*

*Josep Baró, Pedro Carboneras, Miguel Carrasco, Felipe Cortés,*

*Antonio Delgado, Eugenio Gil, Ignacio Hernando, Jerónimo Íñiguez,*

*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](mailto:senda@sendaeditorial.com)

Imprime: Neografis, S.L.

Fotomecánica: Récord

Depósito Legal: 17158

ISSN: 1133-1747



**EDICIÓN JUNIO 2001**

## S U M A R I O

- **Editorial** **3**
- **Noticias** **4**
  - de la SEPR 4
  - de España 49
  - del Mundo 52
- **Entrevista** **7**

*Antonio Colino*  
Presidente de ENRESA
- **Contribución Invitada** **11**
  - Influencia en la salud del uranio empobrecido y de otros elementos externos, en la zona de los Balcanes.  
*Luis Villalonga Martínez.*
- **Colaboraciones** **21**
  - Programa para la Protección Radiológica del feto y recién nacido debido a la Exposición Médica de la madre. 21  
*Leopoldo Arranz, Natividad Ferrer, José M<sup>o</sup> Sastre.*
  - Gestión Radiológica de materiales en Desmantelamiento. 28  
*M. Ondarro, M<sup>o</sup>.T. Ortiz, I. Irún, J. Just*
- **Documentos SERP** **40**
  - Retos de Protección Radiológica en la gestión de las CC.NN. en los inicios del siglo XXI.  
*Aníbal Martín.*
- **Nota Técnica** **46**
  - Desde la "Dosis Controlable" a las "Próximas Recomendaciones"  
*Geoffrey A. Webb*
- **Publicaciones y Convocatorias** **54**

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 • N<sup>o</sup> 28 Vol IX 2001

# Editorial

*Las empresas, las instituciones, las organizaciones actuales son complejas. Y en ellas, cada vez más, muchos esquemas clásicos de comportamiento, jerárquicos y rígidos, pierden efectividad. Otras estructuras, otros modos de funcionamiento más interactivos, más ágiles, más flexibles, tienden a producir mejores resultados y a mostrar una mayor eficiencia.*

*La protección radiológica no es una excepción a esta tendencia general. Su esencia nunca ha sido la mera aplicación mecánica de un conjunto de normas, prescripciones y prohibiciones, por refinado que dicho conjunto se considere. Pero ahora lo es menos que nunca. Su interrelación con las actividades a las que se aplica es cada vez más intensa. De ahí nace precisamente la necesidad de los expertos, de los especialistas, capaces no sólo de conocer y aplicar normas, sino de interpretarlas, calibrar su alcance y adaptarlas correctamente en cada contexto concreto. Para ello se hace preciso un conocimiento suficientemente profundo de la propia actividad afectada.*

*Es objetivo lógico el regular la cualificación de los expertos en protección radiológica con arreglo a las tendencias europeas en la materia. Pero tal objetivo debe conjugarse con la necesidad de considerar las diferentes circunstancias que concurren en las variadas actividades a que se aplican los conocimientos de estos expertos.*

*Una cualificación adecuada y su reconocimiento contribuirán a que los profesionales de la protección radiológica, sin mengua de su labor como observadores del cumplimiento de las normas, puedan implicarse eficazmente en proyectos y en tareas de optimización. Estas tareas llevan inevitablemente a establecer lazos más estrechos y más fructíferos de colaboración con el resto de los profesionales. Quizás sea ésta una tendencia a acentuar en el futuro: la colaboración basada en el conocimiento y en la especialización, tanto en el interior de los centros de trabajo como con el exterior de los mismos.*

*Solamente desde su integración eficaz en las organizaciones en la que esté implicada podrá la protección radiológica alcanzar sus objetivos, reduciendo al mínimo los roces y fricciones que inevitablemente conlleva la aplicación de cualquier normativa.*





## IRPA 11

El 11º Congreso Internacional de la International Radiation Protection Association (IRPA 11) se celebrará en Madrid, del 23 al 28 de mayo del año 2004, organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Este Congreso, primero del siglo XXI, constituye una oportunidad única para presentar y debatir, en este foro de amplitud global dentro del campo de la Protección Radiológica, aquellos temas que marcarán el futuro de la especialidad en este siglo: las evidencias científicas de los efectos biológicos de la radiación, la incorporación a la regulación de la exposición a la radiación natural y de la exposición médica, la evolución del sistema de protección radiológica, la protección para las radiaciones no ionizantes, la participación más activa de la sociedad en aquellas cuestiones para las que es más receptiva. En definitiva, y como reza el lema del Congreso, se trata de abordar el futuro **"Ampliando el Mundo de la Protección Radiológica"**.

Widening the Radiation Protection World

11th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION

May 23-28, 2004 Madrid, Spain

Technical Secretary:  
VIAJES MAFRE CONGRESOS  
IRPA //  
Sor Angela de la Cruz, 6  
E-28020 Madrid (Spain)  
Tel: (34) 915 812 778  
Fax: (34) 915 815 833  
congressos.viajes@mafre.com  
www.irpa11.com

## SEPR: Memoria de actividades previstas para el año 2000

La SEPR pretende desarrollar un trabajo colectivo de calidad en todas aquellas áreas de interés de los especialistas en protección radiológica. Con este objetivo se ha elaborado el Plan de Actividades para el año 2001, para el que se espera contar con la colaboración de todos sus socios.

### Reuniones y Jornadas Científicas

#### • Jornada Científica "Un Sistema de Protección Radiológica para el futuro. Nueva propuesta de la ICRP".

El propósito de esta jornada fue contribuir al debate abierto a escala internacional sobre la propuesta formulada por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) sobre nuevas ideas y desarrollos para el control de los riesgos de la radiación. Esta jornada se celebró el 20 de febrero de 2001 en el CIEMAT y fue organizada por la SEPR en colaboración con el CIEMAT.

#### • Conferencia sobre: "Impacto radiológico de las fuentes naturales y artificiales de radiación. El Informe UNSCEAR 2000".

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) presentó su último informe completo a mediados del pasado año, habiéndose publicado éste

recientemente. El día 27 de octubre del año pasado, en una Jornada Científica, fueron presentados los aspectos biológicos. En esta oportunidad se abordaron los aspectos radiológicos relacionados con la radiación natural y artificial. La conferencia se impartió el 14 de junio de 2001, en el CIEMAT y fue organizada en colaboración con el CIEMAT.

#### • Jornada Científica sobre "Avances en dosimetría de neutrones".

La jornada pretende ofrecer una panorámica del estado del arte en dosimetría de neutrones tanto experimental como numérica, invitando a varios especialistas reconocidos en el ámbito internacional, a la vez que se presentan los proyectos de investigación nacionales sobre este campo. Se celebrará en el mes de septiembre de 2001, en el CIEMAT. Esta jornada se organizará mediante la colaboración de la SEPR con el CIEMAT, el CSN y UNESA.

#### • Jornada Científica sobre "Protección radiológica de la embarazada y el feto".

El propósito de la jornada es doble: por un lado, presentar de manera clara y rigurosa cuáles son los riesgos para el feto de su exposición a las radiaciones ionizantes durante la gestación y los fundamentos y trascendencia de los nuevos límites; por otro lado, debatir su aplicación práctica y las implicaciones laborales de la misma. Su celebración está prevista para el mes de octubre de 2001, en el Hospital Ramón

y Cajal de Madrid. Esta jornada se organizará en colaboración con el Ministerio de Sanidad.

#### • Jornada de debate sobre "El Nuevo Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes".

Esta jornada se aprovechará para realizar la presentación del "Texto comentado del RPSCRI", para cuya elaboración se creó un grupo de trabajo dentro de la SEPR integrado por miembros de todos los sectores profesionales implicados. Se desarrollará durante el mes de noviembre de 2001, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, en colaboración con el CSN y la Universidad Politécnica de Madrid (ETSII).

#### • Jornada científica sobre "Radiación cósmica: Impacto dosimétrico sobre los profesionales del sector de transporte aéreo e implicaciones de la nueva Reglamentación sobre Protección Radiológica".

El objetivo de esta jornada será doble, tratando de ofrecer, por un lado, una puesta al día sobre los métodos para la estimación y la medición de la dosis producida por los rayos cósmicos (en particular, neutrones) en función de las rutas seguidas, y, por otro lado, debatir sobre las implicaciones de la nueva reglamentación sobre protección radiológica en cuanto a la protección de los trabajadores del sector del transporte aéreo y su implicaciones de tipo práctico. Se contará con destacados

especialistas del ámbito internacional y nacional. La celebración de esta jornada está prevista para el mes de diciembre de 2001 en el CIEMAT. La organización por parte de la SEPR contará con el apoyo del CIEMAT, IBERIA y el CSN.

## Publicaciones

### • Revisión del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico.

Esta publicación, que se viene realizando conjuntamente con la Sociedad Española de Física Médica, está dirigida a los Servicios de radiofísica, radiodiagnóstico y de mantenimiento de hospitales y empresas suministradoras de equipos. Se espera distribuir, para comentarios, un primer borrador en junio de 2001, y la publicación del documento definitivo en diciembre de 2001 ó a primeros del año 2002.

### • Guía sobre "Dosimetría Interna al Paciente en Medicina Nuclear".

Para esta actividad se ha constituido un grupo de trabajo, formado por representantes de las Sociedades Españolas de Protección Radiológica, Física Médica y Medicina Nuclear, que presentará sus resultados provisionales antes del verano de este año, en particular en lo que respecta al catálogo de pruebas de Medicina Nuclear a considerar y a las prioridades detectadas. Se adelantarán recomendaciones para los tratamientos metabólicos con Yodo-131. No obstante, la publicación de la Guía no tendrá lugar hasta el próximo año.

### • Manual de "Protección Radiológica en Centros de Investigación Biológica".

Este manual, destinado a los centros de investigación biológica que dispongan de instalaciones radiactivas de segunda o de tercera categoría, tiene por objeto:

- Unificar criterios básicos en protección radiológica, estableciendo su aplicación y desarrollo en las instalaciones radiactivas de investigación biológica.
- Determinar las líneas de responsabilidad en dichas instalaciones.

Para ello se han desarrollado normas generales y específicas de trabajo que permitan realizar una correcta gestión del material radiactivo desde su entrada en la

instalación hasta su potencial evacuación, optimizando los medios materiales y humanos existentes y reduciendo los riesgos a niveles permisibles.

En la actualidad ya se encuentra finalizada su redacción, y se espera tenerlo publicado para el mes de julio de 2001.

### • Traducción al español de la publicación ICRP-84 sobre "Embarazo e Irradiación Médica".

El interés social de esta publicación justifica el intento de darle la máxima difusión en el ámbito médico, por lo cual resulta aconsejable traducirla al español, y para ello se ha establecido contacto con la Sociedad Argentina de Radioprotección, que ya ha recibido la autorización de la ICRP con este fin. Se espera poder disponer de la versión española del texto en el mes de mayo, y de la edición lista para distribución en el mes de agosto de 2001.

### • Manual sobre información y comunicación del riesgo radiológico.

A partir del informe final del Proyecto de investigación sobre "La percepción del riesgo radiológico en el entorno hospitalario", realizado dentro de las actividades de la SEPR y patrocinado por diversos organismos (CSN, ENRESA, Ministerio de Sanidad y Consumo, CSIC, etc.), se obtuvieron una serie de conclusiones a partir de las cuales se pretende dar una visión de cómo se debe contestar a esta demanda de información, basadas en la experiencia de los individuos entrevistados.

## Actividades del Grupo Iberoamericano de Sociedades Científicas de Protección Radiológica (GRIAPRA)

En este contexto, las actividades previstas para 2001 por parte de la SEPR, a través del GRIAPRA, se concretan en el Proyecto titulado: "Control de calidad en instalaciones iberoamericanas de Mamografía, Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear", que se ha presentado ante la Consejería de Bienestar Social de la Junta de Extremadura para recabar su apoyo económico.

Dicho proyecto tiene por objetivo fundamental continuar impulsando el desarrollo de la Protección Radiológica Hospitalaria y el control de calidad del equipamiento radiológico para la mejora de la cali-

dad de vida y salud de la población en América Latina y El Caribe.

## Otros proyectos específicos

Proyecto de colaboración ENRESA-SEPR para la elaboración de métodos y protocolos homogéneos para el control y seguimiento de la utilización de material radiactivo en las instalaciones radiactivas españolas.

Este Proyecto de I+D tiene como objetivo la elaboración de una metodología común para facilitar el control de material radiactivo en las instalaciones radiactivas españolas.

El Proyecto se está desarrollando por parte de un Grupo de Trabajo dependiente de la Comisión Científica de la SEPR, compuesto por unas 20 personas, que trabajan divididas en dos Subgrupos, uno específico del área de Hospitales, y el otro del área de Investigación y Docencia. El trabajo se inició a mediados de 2000 y se pretende concluirlo en el primer semestre del año 2002.

## IX Congreso de la SEPR

La Sociedad está preparando ya su IX Congreso, que tendrá lugar del 29 al 31 de mayo de 2002. En esta ocasión, Bilbao será la sede de este encuentro, que se celebrará en el Palacio de Congresos.

Las diferentes sesiones de presentación de trabajos en que se estructurará el Congreso estarán centradas en los siguientes temas:

- Control de calidad en instalaciones médicas
  - Protección del trabajador en instalaciones médicas
  - Protección del paciente
  - Dosimetría
  - Interacciones y modelos
  - Actividades industriales no nucleares con riesgo radiológico
  - Minería del uranio y fabricación de combustibles nucleares
  - Desmantelamiento de instalaciones y residuos radiactivos
  - Protección radiológica del público
  - Protección contra radiaciones no ionizantes
- Para más información, puede consultarse la página web del Congreso:

[www.ixcongreso-sepr.com](http://www.ixcongreso-sepr.com).







# Entrevista con **Antonio Colino** Presidente de ENRESA

**La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, ENRESA, es la responsable de la gestión segura de estos residuos en España. Para conocer sus objetivos, forma de funcionamiento y líneas de investigación, viene a las páginas de RADIOPROTECCIÓN su presidente Antonio Colino.**



Antonio Colino es Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (UPM), Ingeniero Eléctrico Nuclear (EE.UU.), Diplomado en Dirección General de Empresas (EOI) y en Tecnología Energética (UPM). Inició su carrera profesional en Bechtel Power Corporation en EEUU, en los departamentos de centrales de generación eléctrica, pasando posteriormente a ENHER, del Grupo ENDESA, para el Proyecto de la Central Nuclear de Vandellós II. A continuación trabajó en ENDESA ocupando diferentes puestos, siendo el último cargo el de Director de Proyectos de Centrales Nucleares Avanzadas. En 1996 fue nombrado Presidente Ejecutivo de ENRESA. Fue el primer Presidente de la Asociación Internacional para la Gestión Medioambiental y Segura de Materiales Radiactivos (EDRAM). Es Consejero del CIEMAT y Asesor, para temas de energía nuclear, de la Unión Europea y del Organismo Internacional de Energía Atómica de la ONU.

La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, ENRESA, inició su actividad en 1984, con el objetivo de llevar a cabo la gestión de los residuos radiactivos generados en España.

“La nuestra es una empresa que no produce, no vende y no tiene un objetivo crematístico. Nuestro único objetivo es proteger a la sociedad y al medio ambiente de las radiaciones ionizantes”. Así la define su presidente, Antonio Colino.

Desde sus inicios, estuvo siempre claro que debería encargarse de todos los procesos necesarios. “El ámbito de traba-

jo de Enresa fue muy novedoso y, desde mi punto de vista, acertado, ya que se decidió que la empresa fuera responsable no sólo de la gestión de los residuos, tanto de baja y media como de alta actividad, sino que también fuera considerada como explotador responsable y se encargara del desmantelamiento de las centrales nucleares, una vez que éstas terminaran su vida útil. Para ello Enresa va acumulando los fondos necesarios para que, cuando las centrales dejen de producir, existan recursos suficientes para proceder a su desmantelamiento”.

Cuando se planteó la creación de Enresa, se realizó un análisis de todas

empresas similares que había en el mundo, unas diez o doce, y se intentó elegir la envolvente positiva de todas. “Gracias a ello, creo que ahora tenemos uno de los mejores sistemas para la gestión de residuos radiactivos que hay en el mundo y prueba de ello es que muchos países que tienen que crear agencias para la gestión de residuos radiactivos están firmando convenios con nosotros, porque nuestro modelo les parece el adecuado.

De acuerdo con la actual organización ministerial, Enresa tiene distribuido su capital entre el Ciemat (80%) dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología, y la SEPI (20%) del Ministerio de Hacienda, aunque depende administrativamente del Ministerio de Economía y mantiene una relación muy directa con el Ministerio de

Medio Ambiente, "ya que la mayor parte de nuestras actividades están sometidas al proceso administrativo de Declaración de Impacto Ambiental. De hecho, la primera instalación industrial que obtuvo el Informe de Impacto Ambiental en España fue El Cabril".

La mayor parte de los fondos que Enresa dedica a desarrollar sus actividades de gestión de residuos, I+D y desmantelamiento, actual y futuro, provienen de la tarifa eléctrica. "La cuota es variable, ya que empezó siendo el 1,4% de la tarifa y ahora es el 0,8%. En este momento gastamos mucho menos de lo que recibimos, por lo que el fondo se incrementa aproximadamente en 18 mil millones de pesetas anuales. Además, la base con la que contamos ahora está alrededor de los 300 mil millones de pesetas, cuya adecuada inversión genera unos rendimientos anuales tanto o más importantes que los ingresos directos por tarifa, con lo cual tenemos unos ingresos entre 35 y 40 mil millones de pesetas al año, de los que gastamos unos 15 mil en las actividades de El Cabril, desmantelamiento, etc., lo que permite que el fondo aumente cada año, según lo previsto, para hacer frente a las actividades futuras programadas".

Sin embargo, en este momento está previsto que las centrales, con una vida útil de 40 años, dejen de producir en el año 2028. A partir de ese momento, Enresa dejará de recibir ingresos y afrontará el desmantelamiento de las centrales, además de las inversiones que se decidan para la gestión o almacenamiento de residuos de alta actividad. "Yo comparo este proceso con un plan de pensiones. Mientras se produce, se ahorra; y luego cuando ya es mayorcito y no produce, se empieza a gastar. Somos el fondo de pensiones de las instalaciones nucleares".

### Los residuos de baja y media actividad

Los residuos radiactivos se suelen clasificar, en casi todos los países con pequeñas diferencias, en baja, media y alta actividad. El problema de los de baja y media actividad, procedentes de centros hospitalarios, de enseñanza y de investigación, centrales nucleares e industrias, está completamente resuelto en muchos países y, desde luego, en España, "donde disponemos -afirma Antonio Colino de una de las mejores instalaciones como es El Cabril, que puede calificarse como

un centro modélico, visitado continuamente por técnicos de todo el mundo".

Pero Enresa no sólo se encarga de almacenar los residuos de baja y media actividad en El Cabril. También lleva a cabo programas para lograr la reducción de estos residuos. "De hecho, las centrales nucleares españolas producen cada año menos residuos, manteniendo la cantidad de energía eléctrica generada. Esto se debe a que introducimos, entre todos, mejoras en su gestión para reducir su volumen".

De hecho, cuando se inició su funcionamiento, estaba previsto que podría albergar la producción nacional de residuos hasta el año 2011. Con los avances en la optimización de volumen y carga de los residuos generados, en este momento se habla de una fecha cercana al 2020.

### Los residuos de alta y el combustible gastado

Parece un hecho aceptado internacionalmente que la gestión de los residuos de baja y media actividad es un problema técnico, económico y socialmente resuelto. Sin embargo, el gran reto de la industria nuclear es la solución de la gestión de los residuos de alta actividad.

En este mes de junio ha entrado en vigor la "Convención del Organismo Internacional de Energía Atómica de Naciones Unidas (OIEA) sobre Seguridad de la Gestión del Combustible Gastado y de los Desechos Radiactivos", en la que se establece que mientras el combustible permanece en la central se considera combustible gastado, ya que no está definido el proceso posterior. Cuando este combustible pase a ser gestionado por una agencia especializada, con una aplicación concreta (almacenamiento profundo, etc.) será considerado residuo radiactivo. Esta es una iniciativa muy importante para los países productores, ya que define las reglas que deberán tenerse en cuenta en la gestión de estos residuos radiactivos.



Un momento de la entrevista. De izquierda a derecha Antonio Colino, Presidente de Enresa; Matilde Pelegrí, del Comité de Redacción; Paloma Marchena, Coordinadora de nuestra revista y Pedro Carboneras, Vicepresidente de la SEPR.



Pero para conocer la realidad de esta situación, que muchos consideran como un problema, puede resultar muy clarificador analizar las cifras reales. Como afirma Antonio Colino, "Si tomamos el cuerpo humano como escala, podemos establecer una comparación clara. Los residuos sólidos urbanos representan el total del cuerpo; los residuos industriales son el brazo; los peligrosos serían la mano; los residuos de baja y media serían la uña y, finalmente, los residuos de alta serían el blanquito de la uña, lo que conocemos como la luna de la uña.

El planteamiento fundamental es qué hacer con el combustible gastado. En un primer paso, y durante muchos años, permanece en las piscinas que las centrales nucleares tienen habilitadas para ello. De hecho, Enresa ha financiado la ampliación de la capacidad de las piscinas que se encuentran en todas las centrales españolas, a excepción de Trillo, cuyo diseño inicial no hacía viable tanta ampliación. "Este problema ha quedado resuelto con la aprobación de su propio Almacén Temporal y de los contenedores especiales que albergarán su combustible gastado".

El proceso posterior es el que hoy en día no está definido, aunque la investigación tiene diversas líneas de trabajo. Por un lado está el estudio de los Almacenes Geológicos Profundos (AGP), la transmutación de actínidos, y otras muchas ideas, que implican muchos billones de inversión y tiempo de maduración.

"En este momento hay muchos grupos de investigación en todo el mundo. Somos doce los países que estamos coordinados con un plan para los de alta actividad, y sobre todo pensando en una solución que necesita un almacén geológico profundo. Luego hay otros cuarenta países que también tienen una agencia pero que todavía no han avanzado lo suficiente en el análisis de su situación futura, como Eslovenia, Eslovaquia, Rumania, Bulgaria.

"Por ahora, la única solución que con-

*"Haber mantenido durante quince años seguidos unos planes de I+D integrados en la misma dirección es un caso único en nuestro país."*

trolamos técnicamente y que sabemos que es posible es la del almacén geológico profundo. De hecho, en Nuevo Méjico ya funciona uno en el que están metiendo los residuos que vienen de los grandes laboratorios nacionales de investigación como los Álamos. Por otro lado también el Departamento de Energía americano, el DOE, tiene muy avanzado el laboratorio subterráneo de Yuca Mountain, cerca de Las Vegas, en el Estado de Nevada".

Un avance muy importante en la investigación de los AGP en Europa se ha dado recientemente en Finlandia, donde el 18 de mayo se ha aprobado, por 159 votos a favor y 3 en contra, la construcción de un Laboratorio para el análisis y la investigación del almacenamiento de los residuos de alta actividad. "Este laboratorio cumple todas las características necesarias: impermeabilidad, sismicidad, hidrogeoquímica, hidrogeología. Si la roca hospedante es estable y las pruebas dan un buen resultado, este laboratorio podría convertirse en la instalación para el almacenamiento, y sería un paso muy importante para la gestión de los residuos de alta actividad en todo el mundo".

El presidente de Enresa afirma claramente que "si en este momento nos ordenaran hacer un AGP podríamos abordarlo técnicamente y financieramente".

### **Los Planes Generales de Residuos Radiactivos**

Enresa actualiza, cada año, su plan

de actuación de acuerdo con el Decreto de su creación. Sin embargo, la aprobación de un Plan General de Residuos Radiactivos es potestad del Gobierno, que los modifica sólo cuando existen cambios importantes.

Por esta razón, aunque Enresa ha elaborado dieciséis planes de acción, en este momento está en vigor el V PGRR. "Una diferencia fundamental entre este último y el anterior es que paramos la investigación geológica aunque ya tenemos suficiente información para saber en qué lugares podíamos investigar la instalación de un almacén geológico profundo. Sin embargo, la solución del AGP puede esperar".

Antonio Colino se refiere también a otras necesidades complementarias y más próximas para la gestión de los residuos de alta actividad. "Una alternativa viable es un almacén temporal centralizado, ATC, en el que podría concentrarse el combustible gastado procedente de todas las centrales nucleares".

El V PGRR fija un hito para el año 2010. En ese momento deberán estar disponibles las soluciones temporales complementarias precisas y el Gobierno, con la información que Enresa le facilite, deberá tomar decisiones sobre la gestión futura de los residuos.

### **I+D**

La forma en la que Enresa desarrolla sus planes de I+D es especialmente interesante. Así lo explica su presidente. "Enresa no hace investigación directamente. Su propósito es decidir cuáles son las líneas a investigar y quién debe hacerlo, analizando los resultados e integrándolos para obtener los mejores resultados. Así, hay un Plan de I+D ligado al Plan General de Residuos, con una duración de cuatro años, y que es muy estable en el tiempo. En mi opinión, haber mantenido durante quince años seguidos unos planes integrados en la misma dirección es un caso único





en nuestro país”.

En el ámbito europeo, la Unión desarrolla programas de I+D por importes superiores a los 2'5 billones de pesetas. En este sentido, destaca Antonio Colino que “España, que representa el 5'5% de producto industrial bruto, está presente en casi todos los temas de investigación en área de la gestión de los residuos radiactivos, consiguiendo alrededor del 16% de retorno. Podemos decir que, en este campo, estamos tres veces por encima de la media española de retornos en I+D”.

Tenemos una media de 400 investigadores que trabajan continuamente para nosotros en centros de investigación. Una buena parte pertenecen al Ciemat, que es nuestro laboratorio nacional (el 30% de sus investigaciones son para Enresa), pero también trabajamos con grupos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y con diversas Universidades”.

### **Desmantelamiento de Vandellós I**

Otra de las competencias de Enresa es el desmantelamiento, no solamente de las centrales, sino también de otras instalaciones como han sido la fábrica de Andujar, el Ciemat o las minas de uranio, de las que se han recuperado veinte en Extremadura y Andalucía.

“En el caso específico de la central de Vandellós I, este es uno de los primeros proyectos en el mundo de desmantelamiento de una central de una potencia similar y es una experiencia muy importante para nuestra empresa.

“Una vez decidido su desmantelamiento, Enresa pasó, en 1998, a ser el explotador responsable. Estamos cumpliendo todos los programas, y en este momento estamos al 68% del desmantelamiento. Hasta ahora no hemos tenido ningún incidente, la verdad es que también nos preocupamos muchísimo por la seguridad y tenemos una gran cantidad

de procedimientos y de profesionales dedicados solamente a ese aspecto. Estamos muy contentos de cómo va el desmantelamiento.

“En dos años terminará lo que nosotros llamamos el desmantelamiento a nivel II. En ese momento se dejará libre más del 80% del emplazamiento. Se habrán removido 300.000 toneladas, de las cuales sólo 2.000 necesitarán ir a El Cabril. Después de 25 años procederemos al llamado nivel III, que será dejar aquello completamente limpio. Como no hay motivos para acelerar el proceso, se ha decidido que lo más eficaz es dejar pasar este plazo de tiempo para proceder, a continuación, a la siguiente fase”.

### **La aceptación social y la energía nuclear**

El objetivo de Enresa es gestionar los residuos radiactivos producidos en España, en su mayor parte por las centrales nucleares. Sin embargo, para nuestro entrevistado, el cierre de estas instalaciones no solucionaría el problema. “De hecho ya tenemos los residuos. Además, si hay más centrales nucleares, nosotros tendremos mucho más tiempo para investigar, y seguramente en el futuro podremos gestionar los residuos con procesos que hoy ni siquiera imaginamos. Por eso, la gestión de los residuos va en paralelo con la producción nuclear”.

Para Antonio Colino, “la aceptación social está muy condicionada por la información. Todas las empresas que estamos relacionadas con el tema nuclear creemos que hacemos lo más que podemos en el tema de la información pero somos conscientes de que se ha logrado muy poco”.

“En Enresa participamos en muchos actos formativos, tenemos varias Cátedras en las Universidades principales de España, como la de Medio Ambiente en la Politécnica de Madrid,

*“Si en este momento nos ordenaran hacer un ASP podríamos abordarlo técnica y financieramente.”*

en la Complutense de Madrid, en la Politécnica de Cataluña, en la Universidad de Extremadura y en la de Córdoba. Tenemos Convenios con casi todas las Universidades que trabajan para nosotros y promovemos también diversos Cursos de Verano. Además, contamos con cinco centros de información: en Madrid, al que asisten cuatro colegios al día; en Córdoba, en el propio centro de El Cabril; en Vandellós y en Andújar (con más de 26.000 visitantes al año)”.

“En líneas generales, creo que los programas de información al público están evolucionando y dejarán de ser meramente informativos para pasar a procesos de participación que permita formar parte de las decisiones”.

### **La Sociedad Española de Protección Radiológica**

La Sociedad Española de Protección Radiológica agrupa a los profesionales que desarrollan su actividad profesional en esta área, tanto en centros hospitalarios como en centrales nucleares.

Para el presidente de Enresa, la relación con la SEPR es clara. “Nuestro único objetivo es proteger a la sociedad y al medio ambiente de las radiaciones ionizantes. Por lo tanto, estoy seguro de que podemos fomentar el desarrollo de acciones conjuntas para dar a conocer las actividades que se realizan en España a favor de la protección radiológica, no sólo enfocadas a los profesionales sino también para que la sociedad conozca y sea consciente de los esfuerzos que hacemos en esta línea.



# Influencia en la salud del uranio empobrecido y de otros elementos externos, en la zona de los Balcanes.

*Luis Villalonga Martínez.*

Secretario Técnico de la Inspección General de Sanidad del Ministerio de Defensa



**E**l conocido como “Síndrome de los Balcanes” generó en la opinión pública una inquietud sobre la influencia en la salud del uranio empobrecido, un elemento que cobró, repentinamente, un interés desconocido hasta ese momento.

La SEPR se hizo eco, a través de su web, de informes elaborados por especialistas en la materia. En esta ocasión, la revista **RADIOPROTECCIÓN** incluye un artículo del Coronel Médico, Dr. Luis Villalonga Martínez.

El coronel Villalonga es Secretario Técnico de la Inspección General de Sanidad del Ministerio de Defensa y Coordinador del Comité Científico de Asesoramiento para el estudio de la situación sanitaria de los Balcanes.

En su opinión, el llamado síndrome de los Balcanes “no dejó nunca de ser un síndrome de papel, y más concretamente de papel de periódico. El problema que tuvo que afrontar el Ministerio de Defensa fue, fundamentalmente, de desinformación, y no hubo una emergencia radiológica. No obstante lo anterior, las Fuerzas Armadas disponen de personal experto en protección nuclear, biológica y química (conocida como protección NBQ) y, particularmente, en la Sanidad Militar. También disponemos de personal

experto en protección sanitaria NBQ, además del personal médico especialista en protección radiológica y medicina nuclear en el Hospital Militar “Gómez Ulla” y otros centros sanitarios militares, Este personal, como es natural, cooperó estrechamente con los que, desde el Ministerio de Defensa, dábamos respuesta a la situación”.

## INTRODUCCIÓN

A finales del pasado año diversos medios de comunicación informaron sobre la aparición de procesos neoplásicos entre el personal que había estado desplazado como Fuerza de Mantenimiento de la Paz en las zonas de Bosnia-Herzegovina y de Kosovo, y se sugirió una relación causa-efecto. El sistema habitual de protección sanitaria que acompaña a estas fuerzas no había observado durante estos años 8 desde 1992) problemas sanitarios distintos de los previsibles en este tipo de operaciones. No obstante, ante la inquietud creada por dichas informaciones el Ministerio de Defensa, paralelamente a otras acciones, puso en marcha, a partir del 22 de dicho mes, un Plan de Actuación Sanitaria.

### PLANES DE ACTUACIÓN SANITARIA

#### - **Plan Informativo**

- Reforzar los sistemas de información sanitaria militar y de medicina preventiva en general
- Establecer un teléfono de información médica en el Departamento
- Informar a los medios de comunicación

#### - **Plan de reconocimientos médicos**

- Iniciar, el 26 de diciembre de 2000 un plan general de reconocimiento médico ofreciéndolo a cooperantes civiles y medios de comunicación.
- Comité Científico.
- Constitución, el 19 de enero 2001 de un comité de expertos independiente.

#### - **Actuaciones en el ámbito OTAN**

- Reuniones de trabajo del Comité de Jefes de Sanidad de la OTAN.
- Reunión del Grupo de Trabajo de Medicina Preventiva, de coordinación de estudios.
- Los resultados de los estudios que están llevando a cabo los países aliados no presentan diferencias con los españoles.

#### - **Estudio sanitario**

- Elaborar un informe de la situación sanitaria por el Comité Científico, con absoluta independencia y con toda la información disponible por el Ministerio de Defensa.
- Asesorar al Ministerio sobre las acciones a tomar y seguimiento de la situación.

## EL ENTORNO AMBIENTAL

Según informes de los Servicios Sanitarios Militares y otros que se han hecho públicos por diversas instituciones, la situación medioambiental de la zona de los Balcanes, especialmente de Kosovo, está muy deteriorada debido a la guerra sufrida, a la consiguiente perturbación socio-económica y a la limitada capacidad de reacción de la sociedad local. No obstante lo anterior, y a juzgar por la información procedente de la Organización Mundial de la Salud y por la OTAN, no se ha observado en la población un incremento en la incidencia de patología tumoral.

La Fuerza española desplegada en Bosnia y en Kosovo, si bien está situada en dicho entorno, vive en un microambiente en el que hay tomadas una serie medidas de protección, tal y como se hace en todos los despliegues operativos. Por otro lado, el personal militar solamente permanece en la zona durante un periodo de tres a seis meses por misión y realiza sus patrullas y desplazamientos en vehículos militares que ofrecen protección.

## EL URANIO EMPOBRECIDO

### *Características del uranio empobrecido*

En el proceso de enriquecimiento del uranio natural (que tiene aproximadamente un 0,7% del isótopo radiactivo, uranio-235) se obtiene de un lado el "uranio enriquecido" en el que la proporción de uranio-235 es del 5%, que se emplea como combustible en las centrales nucleares y, de otro lado, se obtiene como subproducto el "uranio empobrecido", que ha perdido su riqueza radiactiva, quedándole sólo, aproximadamente, el 0,2% de uranio



**Pocos evacuados (estrés y traumas menores)**

**EVACUACIONES SANITARIAS DESDE LOS BALKANES\***

Efectivos: 1.100 en cada Zona

Tempo: 18 meses (Jul 99 a el)

| BOSNIA |    | Total | KOSOVO                   |           |
|--------|----|-------|--------------------------|-----------|
| 10     | 15 |       |                          |           |
| 4      | 13 |       |                          |           |
| 12     | 23 |       |                          |           |
| 19     | 26 |       |                          |           |
| 4      | 9  |       |                          |           |
| 49     | 99 |       |                          |           |
|        |    |       | <b>Especialidad</b>      |           |
|        |    |       | Cirugía y espec med-quir | 5         |
|        |    |       | Medicina Interna         | 9         |
|        |    |       | Psiquiatría              | 11        |
|        |    |       | Traumatología            | 17        |
|        |    |       | Otras especialidades     | 5         |
|        |    |       | <b>TOTAL</b>             | <b>50</b> |

\* No se incluye patología banal, que no requirirá eva  
 No se incluye un fallecido por accidente con arma



Munición del sistema de armas GAU-8/A Avenger

empleen como elemento formador del chorro de fuego, es decir, del elemento encargado de desorganizar la coraza, materiales pesados como el uranio empobrecido.

Esta munición, es la que emplea el sistema de armas que monta el avión de ataque contracarro A-10 Warthog, utilizado por el ejército de los Estados Unidos durante el ataque de Kosovo contra

*La salud del personal*

235, lo que supone menos del 40% de la actividad ionizante de su predecesor el uranio natural. Por lo tanto el uranio empobrecido es un mineral con unos riesgos de manipulación sensiblemente menores que el natural, en cuanto a su efecto radiactivo. Sin embargo en cuanto a su toxicidad química no hay diferencias con el uranio natural.

**Empleo del uranio empobrecido en Kosovo**

El uranio empobrecido es el material con el que se fabrica el núcleo de la munición penetrante PGU-13/B de 30



milímetros. Estos disparos consisten en un núcleo de este material con un peso de 300 gramos que, hasta el momento del disparo se encuentra protegido por una carcasa de acero ligero que impide el contacto del uranio empobrecido con el exterior, y que se sujeta a la vaina que contiene el propulsor por un espaciador de aluminio. La alta densidad de este material asegura una elevada energía cinética en el momento del impacto contra un objetivo acorazado, lo que garantiza la penetración de los blindajes de última generación, en concreto, los blindajes Chobham, los reactivos y aquellos que usan uranio empobrecido, que sólo pueden ser atacados con garantías de éxito mediante municiones subcalibradas de núcleo duro, o bien mediante municiones de carga hueca organizadas en tándem o que

los medios acorazados del ejército yugoslavo de Milosevic.

A causa de la naturaleza pirofórica del uranio empobrecido (en presencia de aire, una vez iniciada la reacción química, se oxida exotérmicamente, aportando calor al proceso) se convierte en vapor al chocar con un blindaje, oxidándose y depositándose en forma de un polvo fino. La cantidad de este polvo depende de si el proyectil se vaporiza completamente o no. Se estima que no más de un tercio de los disparos hicieron blanco y que por cada disparo solo se generan 100 gramos de polvo, lo que supone un total de 400 Kg de polvo de uranio oxidado que pudiera estar depositado en la zona.

El elevado peso específico del uranio hace que las partículas de este polvo también sean pesadas, lo que implica que tiendan a depositarse en los alrededores del impacto, estimándose que, ni en las peores condiciones de viento, el radio en el cual se puede encontrar polvo de uranio sería superior a 300 metros del punto de impacto. Lo cual no quiere decir que haya radiación como consecuencia de este polvo. De hecho sólo se puede medir radiactividad apreciable a menos de 20 cm de un disparo.





*Equipo ICP-Masa del Instituto de medicina preventiva capitán médico Ramón y Cajal.*

Existe constancia de 112 misiones en las que se utilizó esta munición (con un total de 12.000 disparos), la mayoría de ellas al oeste de la autovía que une Pec con Dakoviva y Prizren, en el área en torno a Klina, alrededor de Prizren y al norte de la línea que une Suva, Reka y Urosevac. Por lo que respecta al área de despliegue de las tropas españolas, de los 112 ataques, sólo dos ha dejado rastros en la zona fronteriza con el área francesa y no proceden de un impacto directo.

### **Aspectos sanitarios**

La comunidad científica internacional ha valorado el riesgo que supone la exposición al uranio empobrecido, manifestando que los tumores aparecidos en individuos expuestos durante cortos periodos de tiempo no podrían ser atribuidos a la radiación procedente del uranio empobrecido. El único efecto tóxico, podría consistir en daños renales transitorios. La opinión científica más establecida indica que no es razonable esperar efectos patológicos del uranio empobrecido. No hay evidencia de los posibles efectos combinados de la exposición a radiaciones ionizantes y a otros agentes carcinógenos por su toxicidad química. En definitiva, el uranio empobrecido, tanto por su

toxicidad química como por su radiotoxicidad, representa un riesgo mínimo para las tropas allí desplazadas. Las fuerzas españolas han estado, salvo excepciones, alejadas de las zonas de empleo de la munición de uranio empobrecido.

### **OTROS AGENTES RELACIONADOS CON EL DENOMINADO "SÍNDROME DE LOS BALCANES"**

Desde el punto de vista de la prensa, no cabe duda que caló hondo el término "uranio empobrecido", como elemento causal de los más graves y diversos males. La verdad es que la historia hilvanaba muy bien el drama humano con la capacidad patógena, radiactiva y química, del uranio empobrecido, aunque esta relación no tenía en cuenta el efecto dosis. Raro es el elemento de la naturaleza que a determinadas dosis no cause efectos nocivos para la salud. Cuando las explicaciones y los argumentos expuestos por los representantes del Ministerio de Defensa se fueron contrastando con otras opiniones científicas externas, y se vio la inconsistencia científica de aquella relación, se buscaron otros posibles factores causales. Así al encontrarse trazas de plutonio se achacaron todos los males a este mineral;

tras las oportunas explicaciones sobre los posibles efectos de estas bajas concentraciones de plutonio y, naturalmente descartarlo como elemento causal, se fueron buscando otras posibles causas de lo que se denominaba el "síndrome de los Balcanes", la alimentación, las vacunas, el grafito (?), etc. Por ello el estudio sanitario puesto en marcha por Sanidad Militar incluyó los posibles elementos que pudieran influir en la salud del personal desplazado a la zona de operaciones de los Balcanes, poniendo toda la información obtenida a disposición del Comité Científico de asesoramiento.

Por otro lado se agruparon todas las patologías conocidas de personal que había estado en los Balcanes bajo la errónea denominación de "síndrome de los Balcanes", empleando el concepto síndrome de forma aberrante. Un síndrome es un conjunto agrupado de síntomas y signos que constituye un cuadro que se repite de forma muy similar en los pacientes que lo padecen, y es debido a diferentes causas, es decir es de etiología diversa. Así un síndrome de insuficiencia renal aguda que puede ser debido a una intoxicación química, a una infección, a quemaduras, etc, cursa con inquietud, insomnio, sed, vómitos, taquicardia, hipotensión, etc, un conjunto de síntomas que se repiten de forma muy parecida en todos los que lo padecen, en resumen mismo cuadro clínico y diversas causas. Sin embargo bajo la denominación "síndrome de los Balcanes" se agrupaban entidades nosológicas diversas: leucemias, carcinomas de colon, enfermedades de Hodgkin, depresiones, enfermedades de Crohn, etc y se las buscaba una causalidad común a todas ellas, lo que carece del más mínimo fundamento científico, por ello el criterio del Ministerio de Defensa, desde el inicio de las noticias, es que carecía de sentido hablar de "casos" ni de "síndrome".



| CANCER                       | HOMBRES           |     |                | MUJERES           |     |                | TOTAL             |     |                |
|------------------------------|-------------------|-----|----------------|-------------------|-----|----------------|-------------------|-----|----------------|
|                              | Espe <sup>1</sup> | Obs | p <sup>2</sup> | Espe <sup>1</sup> | Obs | p <sup>2</sup> | Espe <sup>1</sup> | Obs | p <sup>2</sup> |
| CV. BUCAL Y FARINGE          | 1,5481            | 1   | 0,78735        | 0,0224            | 0   |                | 1,5705            | 1   | 0,79206        |
| ESÓFAGO                      | 0,2496            | 0   |                | 0,0017            | 0   |                | 0,2512            | 0   |                |
| ESTOMAGO                     | 1,0086            | 1   | 0,63527        | 0,0327            | 0   |                | 1,0413            | 1   | 0,64700        |
| COLON-RECTO                  | 1,3902            | 1   | 0,75097        | 0,0560            | 0   |                | 1,4462            | 1   | 0,76454        |
| HIGADO                       | 0,3829            | 0   |                | 0,0038            | 0   |                | 0,3866            | 0   |                |
| PANCREAS                     | 0,1563            | 0   |                | 0,0033            | 0   |                | 0,1596            | 0   |                |
| LARINGE                      | 0,5896            | 1   | 0,44545        | 0,0005            | 0   |                | 0,5900            | 1   | 0,44567        |
| PULMON                       | 1,4128            | 1   | 0,75654        | 0,0147            | 0   |                | 1,4276            | 1   | 0,76012        |
| MELANOMA PIEL                | 0,9218            | 1   | 0,60220        | 0,0888            | 0   |                | 1,0106            | 1   | 0,63600        |
| PRÓSTATA                     | 0,0634            | 0   |                | 0,0000            | 0   |                | 0,0634            | 0   |                |
| TESTICULO                    | 7,4117            | 2   | 0,99492        | 0,0000            | 0   |                | 7,4117            | 2   | 0,99492        |
| MAMA-MUJER                   |                   |     |                | 0,2769            | 0   |                | 0,2769            | 0   |                |
| CUELLO ÚTERO                 |                   |     |                | 0,1078            | 0   |                | 0,1078            | 0   |                |
| CUERPO ÚTERO                 |                   |     |                | 0,0238            | 0   |                | 0,0238            | 0   |                |
| OVARIO                       |                   |     |                | 0,0807            | 0   |                | 0,0807            | 0   |                |
| VEJIGA                       | 1,0706            | 1   | 0,65720        | 0,0062            | 0   |                | 1,0768            | 1   | 0,65932        |
| RIÑÓN                        | 0,4166            | 4   | 0,00090        | 0,0112            | 0   |                | 0,4278            | 4   | 0,00099        |
| ENCÉFALO                     | 3,2606            | 2   | 0,83654        | 0,1174            | 0   |                | 3,3780            | 2   | 0,85064        |
| TIROIDES                     | 0,2175            | 0   |                | 0,0502            | 1   | 0,04896        | 0,2677            | 1   | 0,23486        |
| LNH                          | 3,4831            | 4   | 0,45972        | 0,0887            | 0   |                | 3,5717            | 4   | 0,47876        |
| HODGKIN                      | 2,1527            | 2   | 0,63375        | 0,0923            | 2   | 0,00401        | 2,2449            | 4   | 0,18955        |
| MIELOMA                      | 0,0844            | 0   |                | 0,0027            | 0   |                | 0,0872            | 0   |                |
| LEUCEMIA                     | 3,0451            | 1   | 0,95241        | 0,0703            | 0   |                | 3,1153            | 1   | 0,95563        |
| TODOS (SIN PIEL NO MELANOMA) | 33,0098           | 22  | 0,98256        | 1,2681            | 3   | 0,13561        | 34,2780           | 25  | 0,95824        |

Tabla 1. Casos de cáncer esperados y observados en el periodo 1993-2000 y significación estadística. Esperados calculados tomando como referencia las tasas estimadas para España (año 1996) en el EUCAN<sup>(\*)</sup>

## SEGURIDAD ALIMENTARIA

La alimentación del contingente español tanto en Kosovo como en Bosnia-Herzegovina, procede en su mayor parte de Territorio Nacional o de países aliados. Los alimentos vienen envasados y etiquetados y sistemáticamente, desde el comienzo de las operaciones en 1992, son sometidos a control e inspección sanitaria por los veterinarios militares. En la actualidad la mayor parte de los alimentos son de procedencia extra-balcánica. El agua que se consume en toda la zona es embotellada y su procedencia es igualmente extra-balcánica, y aún así es vigilada y analizada por los servicios farmacéuticos.

Por otro lado los análisis de diversos laboratorios europeos sobre trazas de uranio en la vegetación o en el agua potable ha concluido que los niveles encontrados no representan efectos negativos para la salud [conclusiones hechas públicas la primera decena de febrero de 2001 por Max Keller, del Laboratorio de Spiez (Suiza), que realizó los análisis a petición de la UNEP (United Nations Environmental Program)].

## ESTUDIO CLÍNICO DE LOS PROCESOS NEOPLÁSICOS DETECTADOS

El Comité Científico ha analizado la información contenida en toda la documentación clínica disponible de ca-

da afectado, tras una búsqueda exhaustiva de posibles casos, prestando especial atención al tipo de tumor, a la duración de la misión y al tiempo transcurrido entre el inicio de la misión y la aparición de los síntomas del tumor (tiempo de latencia). Habiéndose llegado a las siguientes conclusiones:

- Hasta la fecha, el Comité tiene noticia de la aparición de veinticinco procesos malignos\*, a lo largo de ocho años, entre la población mencionada. Hay dos mujeres y veintitrés varones. Nueve corresponden a hemopatías, mientras que los dieciséis

restantes son tumores no hematológicos. Ocho de estos pacientes han fallecido.

- Los nueve procesos hematológicos se reparten de la siguiente manera: cuatro enfermedades de Hodgkin, cuatro linfomas (dos de célula grande, un Burkitt y uno no especificado) y una leucemia monocítica aguda. Respecto a los tumores sólidos, se trata de dos astrocitomas, un carcinoma de tiroides, un carcinoma de cavum, un carcinoma de laringe, un carcinoma no microcítico de pulmón, cuatro carcinomas renales, un carcinoma urotelial, un seminoma, un tumor testicular no seminomatoso, un melanoma, un car-

(\*) Con posterioridad se ha tenido conocimiento de dos procesos más, que van a ser estudiados por el Comité, el cual, en un análisis preliminar, ha considerado que este hecho no supone modificación alguna en los términos del informe que ha entregado al Ministerio.

| CANCER                       | Hombres |        |        |                | Mujeres |        |         |                  | Ambos sexos |         |       |                 |
|------------------------------|---------|--------|--------|----------------|---------|--------|---------|------------------|-------------|---------|-------|-----------------|
|                              | Obs     | Espe1  | RIE    | IC 95%         | Obs     | Espe1  | RIE     | IC 95%           | Obs         | Espe1   | RIE   | IC 95%          |
| CV. BUCAL Y FARINGE          | 1       | 1,5481 | 0,6500 | 0,016 - 3,599  | 0       | 0,0224 | 0,0000  | 0,000 - 164,682  | 1           | 1,5705  | 0,637 | 0,002 - 3,548   |
| ESÓFAGO                      | 0       | 0,2496 | 0,0000 | 0,000 - 14,779 | 0       | 0,0017 | 0,0000  | 0,000 - 2169,929 | 0           | 0,2512  | 0,000 | 0,000 - 14,685  |
| ESTOMAGO                     | 1       | 1,0086 | 0,9900 | 0,025 - 5,524  | 0       | 0,0327 | 0,0000  | 0,000 - 112,809  | 1           | 1,0413  | 0,960 | 0,024 - 5,351   |
| COLON-RECTO                  | 1       | 1,3902 | 0,7200 | 0,018 - 4,008  | 0       | 0,0560 | 0,0000  | 0,000 - 65,873   | 1           | 1,4462  | 0,691 | 0,017 - 3,852   |
| HIGADO                       | 0       | 0,3829 | 0,0000 | 0,000 - 9,634  | 0       | 0,0038 | 0,0000  | 0,000 - 970,758  | 0           | 0,3866  | 0,000 | 0,000 - 9,542   |
| PANCREAS                     | 0       | 0,1563 | 0,0000 | 0,000 - 23,601 | 0       | 0,0033 | 0,0000  | 0,000 - 1117,842 | 0           | 0,1596  | 0,000 | 0,000 - 23,113  |
| LARINGE                      | 1       | 0,5896 | 1,7000 | 0,043 - 9,450  | 0       | 0,0005 | 0,0000  | 0,000 - 7377,759 | 1           | 0,5900  | 1,695 | 0,043 - 9,443   |
| PULMON                       | 1       | 1,4128 | 0,7100 | 0,018 - 3,944  | 0       | 0,0147 | 0,0000  | 0,000 - 250,944  | 1           | 1,4276  | 0,700 | 0,018 - 3,903   |
| MELANOMA PIEL                | 1       | 0,9218 | 1,0900 | 0,027 - 6,044  | 0       | 0,0888 | 0,0000  | 0,000 - 45,541   | 1           | 1,0106  | 0,990 | 0,025 - 5,513   |
| PRÓSTATA                     | 0       | 0,0634 | 0,0000 | 0,000 - 58,184 |         |        |         |                  | 0           | 0,0634  | 0,000 | 0,000 - 58,184  |
| TESTICULO                    | 2       | 7,4117 | 0,2700 | 0,033 - 0,975  |         |        |         |                  | 2           | 7,4117  | 0,270 | 0,033 - 0,975   |
| MAMA-MUJER                   |         |        |        |                | 0       | 0,2769 | 0,0000  | 0,000 - 13,322   | 0           | 0,2769  | 0,000 | 0,000 - 13,322  |
| CUELLO ÚTERO                 |         |        |        |                | 0       | 0,1078 | 0,0000  | 0,000 - 34,220   | 0           | 0,1078  | 0,000 | 0,000 - 34,220  |
| CUERPO ÚTERO                 |         |        |        |                | 0       | 0,0238 | 0,0000  | 0,000 - 154,995  | 0           | 0,0238  | 0,000 | 0,000 - 154,995 |
| OVARIO                       |         |        |        |                | 0       | 0,0807 | 0,0000  | 0,000 - 45,711   | 0           | 0,0807  | 0,000 | 0,000 - 45,711  |
| VEJIGA                       | 1       | 1,0706 | 0,9300 | 0,024 - 5,204  | 0       | 0,0062 | 0,0000  | 0,000 - 594,981  | 1           | 1,0768  | 0,929 | 0,024 - 5,174   |
| RIÑÓN                        | 4       | 0,4166 | 9,6000 | 2,616 - 24,584 | 0       | 0,0112 | 0,0000  | 0,000 - 329,364  | 4           | 0,4278  | 9,350 | 2,548 - 23,940  |
| ENCÉFALO                     | 2       | 3,2606 | 0,6100 | 0,074 - 2,216  | 0       | 0,1174 | 0,0000  | 0,000 - 31,421   | 2           | 3,3780  | 0,592 | 0,072 - 2,139   |
| TIROIDES                     | 0       | 0,2175 | 0,0000 | 0,000 - 16,960 | 1       | 0,0502 | 19,9200 | 0,504 - 110,989  | 1           | 0,2677  | 3,736 | 0,095 - 20,813  |
| LNH                          | 4       | 3,4831 | 1,1500 | 0,313 - 2,940  | 0       | 0,0887 | 0,0000  | 0,000 - 41,588   | 4           | 3,5717  | 1,120 | 0,305 - 2,867   |
| HODGKIN                      | 2       | 2,1527 | 0,9300 | 0,113 - 3,356  | 2       | 0,0923 | 21,6680 | 2,624 - 78,274   | 4           | 2,2449  | 1,782 | 0,485 - 4,562   |
| MIELOMA                      | 0       | 0,0844 | 0,0000 | 0,000 - 43,707 | 0       | 0,0027 | 0,0000  | 0,000 - 1366,252 | 0           | 0,0872  | 0,000 | 0,000 - 42,304  |
| LEUCEMIA                     | 1       | 3,0451 | 0,3300 | 0,008 - 1,830  | 0       | 0,0703 | 0,0000  | 0,000 - 52,473   | 1           | 3,1153  | 0,321 | 0,008 - 1,788   |
| TODOS (SIN PIEL NO MELANOMA) | 22      | 33,010 | 0,6700 | 0,418 - 1,009  | 3       | 1,2681 | 2,3660  | 0,488 - 6,914    | 25          | 34,2780 | 0,729 | 0,472 - 1,077   |

RIE Razón de incidencia estandarizada  
IC 95% Intervalo de confianza al 95% (método exacto)

**Tabla 2.** Casos de cáncer observados y esperados en el periodo 1993-2000. Razón de incidencia estandarizada e intervalo de confianza al 95%. Esperados calculados tomando como referencia las tasas estimadas para España (año 1996) en el EUCAN (\*)

cinoma gástrico y un carcinoma de colon. La distribución de los tumores, sus características histológicas y biológicas y su comportamiento clínico no difiere del observado en la práctica clínica convencional para este grupo de edad. Cabe mencionar que, de los cuatro casos con carcinoma renal, dos tenían una edad (49 y 54 años) superior a la media del grupo desplazado.

### ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO

#### Introducción

Se ha hecho una evaluación preliminar de los casos de cáncer observados en los participantes en el des-

pliegue en el área de los Balcanes. La evaluación consiste en una comparación de casos observados/esperados. Los casos esperados se han calculado tomando como referencia las tasas de incidencia de cáncer publicadas para España (Agencia Internacional de Investigación del Cáncer).

La estimación se ha hecho sobre un total de 25.496 personas, de las que se tenía los datos necesarios desde el punto de vista epidemiológico, entendiendo que este número no es el de efectivos que han estado desplegados, que es mayor (cuando se completen los datos se evacuará el pertinente estudio epidemiológico de situación).

El período de estudio considerado ha sido desde el 1 de enero de 1993 al 31 de diciembre de 2000, lo cual supone un total de 101.984 personas-año de observación. Tablas 1 y 2.

El análisis se ha realizado comparando los casos observados con los esperados calculándose la significación estadística de la Razón de Incidencia Estandarizada y su intervalo de confianza al 95%.

#### Resultados

Los resultados, en términos generales, muestran un menor número de procesos observados (25 casos) que de esperados (34,3 casos). Las localizaciones

(\*) J.Ferlay, F. Bray, R. Sankila and D.M. Parkin. EUCAN: Cancer Incidence, Mortality and Prevalence in the European Union 1996, version 3.1. IARC CancerBase No. 4. Lyon, IARC Press, 1999. Probabilidad de encontrar un número de casos igual o superior al observado dado el número de casos esperados, calculado utilizando la distribución de Poisson.



que presentan desviaciones significativas son el cáncer renal en hombres (4 observados frente a 0'4 esperados) y cáncer de testículo (2 observados frente a 7'4 esperados). Dada la entidad de la población observada se consideran normales estos resultados, ya que los índices estadísticos son más precisos cuando se aplican a poblaciones numéricamente muy superiores.

## CONCLUSIONES

- No se ha observado hasta el momento una mayor incidencia de procesos neoplásicos entre los efectivos españoles que han participado en dichas operaciones de paz.
- La incidencia total observada hasta el 15 de marzo (25 procesos) a lo largo de 8 años es menor a la que cabría esperar en esa población (34,3 procesos).
- Las características médicas de los tumores y su comportamiento clínico no difieren de los observados en la práctica clínica habitual.
- El sistema de reconocimientos generalizados, realizados a más de 18.000 personas no ha detectado situación anómala.
- El medio ambiente, deteriorado, en las Zonas de Operaciones no supone un riesgo significativo para el personal español desplegado.
- Ninguna publicación científica internacional relevante establece relación causa efecto entre el uranio empobrecido u otro elemento en zona y la aparición de procesos neoplásicos.
- Como sucede en todas las operaciones hay un plan de seguimiento establecido para la protección de la salud del personal desplegado.

## NO SE PUEDEN VINCULAR LOS PROCESOS NEOPLÁSICOS DETECTADOS CON NINGÚN AGENTE EXTERNO.

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 1. Uranio Empobrecido

- Guzmán López Ocón, Olvido.

"Estudios metodológicos en dosimetría interna del uranio."

Consejo de Seguridad Nuclear. Madrid, 1997  
*En el marco de los principios establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICPR), expone métodos para estimación de dosis internas mediante la determinación de uranio en orina y otros bioensayos.*

- Hooper FJ, Squibb KS, Siegel EL, McPhaul K, Keogh JP.

"Elevated urine uranium excretion by soldiers with retained uranium shrapnel".  
Health Phys. 1999. Nov;77(5):512-9.

*Se estudia una cohorte de 33 soldados que tienen metralla de uranio empobrecido como cuerpo extraño, debido a haber sufrido fuego cruzado del propio ejército aliado, encontrándose unas tasas de excreción urinaria de uranio mucho más elevada que el grupo control. No presentan alteraciones clínicas de interés.*

- Baglan N, Cossonnet C, Trompier F, Ritt J and Bérard Ph.

"Implementation of ICP-MS protocols for uranium urinary measurements in worker monitoring"  
Health Phys. 1999;77(4):455-461.

*La medición de concentraciones de uranio en muestras de orina con este procedimiento es rápido y preciso.*

- McDiarmid MA, Hooper FJ, Squibb K, McPhaul K.

"The utility of spot collection for urinary uranium determinations in depleted uranium exposed Gulf War veterans".  
Health Phys. 1999. Sep;77(3):261-4.

*Es otro estudio de la cohorte de 33 soldados que tienen metralla de uranio empobrecido referida en el artículo antes mencionado. Los autores son del mismo grupo.*

- Durakovic A.

"Medical effects of internal contamination with uranium".

Croat Med J. 1999 Mar;40(1):49-66.

*La intoxicación química por uranio es a través de absorción intestinal, de piel y mucosas y por inhalación pulmonar. Se distribuye y almacena en varios órganos pero produce alteraciones renales y si es inhalado, pulmonares. La radiotoxicidad se debe a los isótopos del uranio que contiene (U238, U235 y U234). Además el U238 decae a Th234, Pa234 y U234. Todos son emisores de radiaciones alfa y gamma. Esta última produce menos daños. La radiación alfa es la causante de efectos genéticos y carcinogénicos.*

*El artículo hace una descripción de los medios de descontaminación.*

- Priest ND.

"Toxicity of depleted uranium".  
Lancet. 2001 Jan;357.

*Unos moderados niveles de captación de uranio empobrecido no tienen potencial carcinogénico radiológico o químico apreciable. No obstante, existe un largo periodo de la latencia, entre 10 años a varias décadas. Los cánceres observados entre los expuestos durante escaso tiempo en Yugoslavia no pueden ser atribuidos a la radiación del uranio empobrecido y los efectos tóxicos hubieran sido alteraciones renales reversibles.*

- Uijt de Haag PA, Smetsers RC, Witlox HW, Krus HW, Eisenga AH.

"Evaluating the risk from depleted uranium after the Boeing 747-258F crash in Amsterdam, 1992".

J Hazard Mater. 2000 Aug 28;76(1):39-58.

*En un accidente aéreo el 4 de octubre de 1992 se dispersaron por una pequeña zona de un barrio periférico de Amsterdam 150 Kg de uranio empobrecido que servían de contrapeso en las alas de la aeronave siniestrada. Se estudia el riesgo de toxicidad y radiotoxicidad para los habitantes locales no encontrándose niveles significativos.*

#### 2. Radiotoxicidad del Plutonio

- Omar RZ, Barber JA and Smith PG

"Cancer mortality and morbidity among pluto-



nium workers at the Sellafield plant of British Nuclear Fuels".

Br J Cancer 1999, Mar; 79(7-8):1288-1301. *Estudian la mortalidad en 14.319 trabajadores de una planta de producción de plutonio. No hay un significativo aumento de riesgo de cancer en comparación con otros trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.*

• Tietjen GL

"Plutonium and lung cancer".

Health Phys 1987, May; 52(5):625-628. *Estudian la mortalidad por cáncer de pulmón en trabajadores de plantas de producción de plutonio. La mortalidad por esta causa es sorprendentemente menor que la de la media nacional.*

**3. Efectos de las bajas dosis de Radiaciones Ionizantes**

• Ron E.

"Ionizing radiation and cancer risk: evidence from epidemiology".

Radiat Res. 1998 Nov; 150(5 Suppl):S30-41. *Son cánceres de radioinducción reconocida, incluso con pequeñas dosis, los de tiroides, mama, pulmón y la leucemia. Hay asociación menos evidente entre radiación y cancer en salivares, estómago, colon, vejiga, ovario, sistema nervioso central y piel. Hay muy poca evidencia de la asociación entre radiación y cáncer en hígado, esófago, mieloma y linfoma no Hodgkin. No han sido vinculados a la radiación los de páncreas, próstata, testículo, cervix, leucemia linfocítica crónica y Hodgkin. En las leucemias el tiempo desde la exposición hasta la aparición clínica es de 2-3 años.*

• Cologne JB, Preston DL.

"Longevity of atomic-bomb survivors. Lancet. 2000 Jul 22; 356(9226):303-7". *Es un estudio sobre una cohorte de sobrevivientes a las explosiones nucleares de Japón seguida desde 1950. La esperanza de vida decreció con el aumento de la dosis a razón de 1,3 años Gy.*

• Blettner M, Boice JD Jr.

"Radiation dose and leukaemia risk: general relative risk techniques for dose-response models in a matched case-control study". *Statistics in Medicine. 1991; 10:1511-1526. Detalla aspectos estadísticos de la relación dosis-respuesta en un estudio caso-control de leucemias ocurridas tras tratamiento radioterápico de cancer cervical uterino.*

• Ron E, Preston DL and Mabuchi K.

"Solid cancer incidence and mortality in the Life Span Study of atomic-bomb survivors". *Effects of Ionizing radiation: atomic-bomb survivors and their children (1945-1995). The*

*National Academy Press. 2000.*

*Se trata de otro estudio sobre la cohorte de sobrevivientes a las explosiones nucleares de Japón seguida desde 1950 y antes citada. Encuentran un significativo aumento de incidencia y de mortalidad para cánceres sólidos: estómago, colon, hígado, mama, pulmón, vejiga y ovario.*

*No hay cambios significativos en cuanto a incidencia y mortalidad de otros cánceres: faringe, recto, vesícula, páncreas, laringe, utero, próstata y riñón.*

*Un significativo exceso de cáncer de esófago fue observado en los datos de mortalidad. Un significativo exceso de cáncer de tiroides, de piel no melanomas y de glándulas salivares fue observado en los datos de incidencia.*

**4. Riesgo de los trabajadores de las explotaciones de uranio**

• Rodríguez-Artalejo F, Castaño-Lara S, de-Andrés-Manzano B, García-Ferruelo M, Iglesias-Martín L, Rey-Calero J.

"Occupational exposure to ionising radiation and mortality among workers of the former Spanish Nuclear Energy Board". *Occup. Environ. Med. 54:202-208 (1997).*

*Resultados referidos a los mineros de uranio en España donde se muestra un exceso de cáncer de pulmón.*

• Wesch H, Wiethage T, Spiethoff A, Wegener K, Muller KM, Mehlhorn J

"German uranium miner study-historical background and available histopathological material".

*Radiat Res 1999, Dec; 152(6 Suppl):S48-51*

*En 28.975 autopsias de estos mineros encuentran un alto porcentaje de cáncer de pulmón, muy significativo, pero no existe diferencia significativa en cuanto a otros tumores sólidos y leucemias.*

• Hornung RW, Meinhardt TJ

"Quantitative risk assessment of lung cancer in U.S. uranium miners". *Health Phys. 1987, Apr; 52(4):417-430.*

*El riesgo de cáncer crece con el número de años trabajando. El de cáncer de pulmón baja tras el cese de la exposición.*

• Tomásek L, Daarby SC, Swerdlow AJ, Placek V and Kunz E

"Radon exposure and cancers other than lung cancer among uranium miners in West Bohemia".

*Lancet. 1993, Apr; 341(8850):919-923.*

*Sólo hay evidencia de aumento de riesgo para el cáncer de pulmón.*

**5. Medio Ambiente**

• Au WW, McConnell MA, Wilkinson GS, Ramanujam VMS, Alcock N.

"Population monitoring: Experience with residents exposed to uranium mining/milling waste".

*Mutat. Res. Fundam. Mol. Mech. Mutagen. 405/2:245 (1998).*

• Au WW, Wilkinson GS, Tyring SK, Legator MS, el-Zein R, Hallberg L, Heo MY.

"Monitoring populations for DNA repair deficiency and for cancer susceptibility". *Environ. Health Perspect. 104 (suppl 3):579-584 (1996).*

*Trabajos que utilizando técnicas de citogenética, muestran una mayor frecuencia de aberraciones cromosómicas y respuesta anormal de reparación de ADN en poblaciones que residen en los alrededores de minas de uranio o plantas de procesamiento comparadas con población no expuesta.*

• López-Abente G, Aragonés N, Pollán M, Ruiz M, Gandarillas A.

"Leukemia, lymphomas, and myeloma mortality in the vicinity of nuclear power plants and nuclear fuel facilities in Spain".

*Cancer Epidemiol. Biomarkers. Prev. 8:925-934 (1999).*

*Trabajo que recomienda la monitorización de la incidencia de cáncer en el entorno de las minas de uranio en España, por haber mostrado un posible exceso de mortalidad por leucemias en el entorno de dos instalaciones de procesamiento de uranio.*

• Kerekes A, Capote-Cuellar A, Köteles GJ.

"Did NATO attacks in Yugoslavia cause a detectable environment effect in Hungary?".

*Health Phys 2001; 80(2): 177-178.*

*Estudio realizado con motivo de los bombardeos de la OTAN próximos al territorio húngaro. El programa consistió en una serie de medidas de posible contaminación de uranio en aire por espectrometría alfa que dieron resultados negativos. No obstante, se encontró un ligero incremento de uranio en el suelo que podría tener su origen en el depósito de nubes de polvo emitidas a la atmósfera durante las explosiones de proyectiles con uranio empobrecido.*

• Balonov MI.

"Health impacts of large releases of radionuclides. Internal exposure of populations to long-lived radionuclides released into the environment".

*Ciba Found Symp. 1997; 203:120-133.*

*Repasa los efectos de la presencia de niveles elevados de radioelementos de vida media muy larga en algunas zonas muy contaminadas: Mayak (lugar donde funcionó una fábrica de armas nucleares en la URSS) y zonas*



de accidentes de centrales nucleares.

• Jasmina Sopova y Nevena Popovska.  
"Postguerra contaminada en los balcanes".  
El Correo de la UNESCO. Mayo 2000  
Describe las alteraciones medioambientales en Kosovo:

Alrededor del complejo petroquímico de Pancevo hay contaminación por cloruro de vinilo monómero (CVM). Además el suelo está contaminado por unas 100 toneladas de mercurio. Algunas fábricas de abonos fueron destruidas con liberación de amoníaco. La destrucción de la refinería de Novi Sad liberó unas 73.000 toneladas de petróleo bruto. En Kragujevac, los bombardeos de la fábrica de automóviles Zastava produjo niveles elevados de bifenilos policlorados (PCB). En Bor se observó una contaminación con PCB y una grave polución atmosférica debida a emisiones de dióxido de azufre

• Camargo IM, Mazzilli B.

"Assesment of risk due to the intake of uranium isotopes in mineral spring waters".  
Rev Saude Publica. 1998. Aug; 32(4):317-320

No hay evidencia de incremento de cánceres por ingestión de uranio en el agua mineral de manantiales de una región de Brasil rica en U238, U234, Ra226, Ra228 y Rn222.

• L'Uranium dans l'eau potable.

"Document pour consultation publique"  
Sous-Comité federal-provincial sur l'eau potable de Canada. 1999  
Describe los efectos sobre la salud del uranio en el agua potable.

• Taylor DM, Taylor SK.

"Environmental uranium and human health".  
Rev Environ health. 1997. Jul; 12(3):147-157  
El riesgo directo de cáncer inducido por el uranio acumulado en el organismo es menor de 0,005% en contraste con el riesgo del 0,2% a 3% por inhalación del radón ambiental.

## 6. Accidente de Chernobyl

• Konogorov AP, Ivanov VK, Chekin SY, Khait SE

"A case-control analysis of leukemia in accident emergency workers of Chernobyl".  
J Environ Pathol Toxicol Oncol 2000;19(1-2):143-51

Estudian el riesgo de leucemia radioinducida en 162.684 residentes expuestos a radiación por el accidente de Chernobyl. No se encontró aumento significativo del riesgo para leucemia, excluyendo LLC.

• IAEA, European Commission (EC), and World Health Organization (WHO)

"One decade after Chernobyl: The basis for decisions. Highlights of results".

Major international conference. April 1996  
Informe resumen de una conferencia internacional auspiciada por las citadas organizaciones. 134 trabajadores padecieron un síndrome agudo de radiación, de los que 28 murieron en los primeros días. 103 tuvieron efectos clínicos observables dependientes de altas dosis de radiación.

La alteración de la salud más frecuente es el cáncer de tiroides. Desde 1986 hasta 1995 se recogieron 800 casas en niños menores de 15 años.

Entre los efectos a largo plazo se calculan 150 muertes por leucemia radioinducida entre los 200.000 liquidadores (que trabajaron en la reparación de los daños en 1986 y 1987) y en los 10 primeros años. Y 6.600 muertes por cáncer entre 7,1 millones de residentes de los territorios contaminados en los próximos 85 años.

Los radioisótopos causantes de la contaminación medioambiental son : I131, Cs134, Cs137, Sr90 y Pu239

• OECD Nuclear Energy Agency

"Chernobyl: ten years on radiological and health impact".

An Assessment by the NEA Committee on Radiation Protection and Public Health. November 1995.

En Ucrania, en 150.000 personas examinadas se encontraron 300 cánceres de tiroides adicionales. En las regiones afectadas de Rusia, aparecieron 349 casos adicionales sobre una población de 4,3 millones (un aumento de 3 a 6% sobre la incidencia esperada). La incidencia de leucemia infantil no ha cambiado en la década tras el accidente. Tampoco de anomalías congénitas y otras enfermedades radioinducidas.

## 7. Periodo de latencia de la Carcinogenesis

• De Vathaire F, Schlumberger M, Delisle MJ, Francese C, Challeton C, de la Genardiere E, Meunier F, Parmentier C, Hill C, Sancho-Garnier H

"Leukaemias and cancers following iodine-131 administration for thyroid cancer".

Br J Cancer 1997;75(5):734-9  
Related Articles, Books, LinkOut

Después de un seguimiento de 10 años no observan ningún exceso de casos de leucemia entre 1771 pacientes tratados por cáncer de tiroides con I131.

• Jung H

"Health risks due to radiation exposure".

Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 1995 Feb;162(2):91-8

En adultos el periodo medio de latencia para leucemia radioinducida es de 15 años, y para tumores solidos de más de 40 años.

• Fietkau R, Diepgen TL, Stehr L, Sauer R

"Induction of malignancies by radiotherapy: a retrospective study of 454 tumors".  
Strahlenther Onkol 1988 May;164(5):247-59  
Estudio retrospectivo realizado en 454 tumores desarrollados tras radioterapia. La latencia media fue de 7,1 años in leucemia, 12,1 años en sarcomas, y de 19 años en carcinomas.

• Gluzman DF

"Approaches for studying radiation-induced leukemia".

Stem Cells 1997;15 Suppl 2:243-9

Indica que el pico de morbilidad puede ocurrir tras más de 10 años desde la finalización de la exposición.

• Partanen T, Heikkila P, Hernberg S, Kauppinen T, Moneta G, Ojajarvi A

"Renal cell cancer and occupational exposure to chemical agents".

Scand J Work Environ Health 1991 Aug;17(4):231-9

Hay un periodo de latencia de aproximadamente 30 años. Se plantea la hipótesis de la exposición a la gasolina como factor de riesgo. También se eleva el riesgo con el plomo, cadmio y disolventes no clorados.

• Informe de la Radiation Effects Research Foundation. 1990.

Organización de cooperación Japón-Estados Unidos para la investigación sobre efectos biológicos de las radiaciones.

## 8. Síndrome del Golfo

• Jamal GA.

"Gulf War syndrome: a model for the complexity of biological and environmental interaction with human health".

Adverse Drug React Toxicol Rev. 1998 Mar;17(1):1-17. Review.

Solo padecieron el síndrome soldados americanos e ingleses. No se vió afectado el personal de los demás ejércitos participantes en la alianza antiiraquí. La etiología es atribuida a múltiples factores: estrés, condiciones ambientales (temperatura, humedad), arena, insectos, humo, vacunas variadas (polio, hepatitis A y B, ántrax, fiebre amarilla, colera, tifoidea y contra posibles agresiones con armas biológicas), tabletas de NAPS (contra ataques químicos con organofosforados), pesticidas y uranio empobrecido.

• Korenyi-Both AL, Korenyi-Both AL, Juncer DJ.

"Al Eskan disease: Persian Gulf syndrome".

Mil Med. 1997 Jan;162(1):1-13. Review.

La inmunodepresión producida por una neumonitis juega un papel en el desarrollo posterior del síndrome de la Guerra del Golfo.

• Doucet I.

"Desert Storm syndrome: sick soldiers and dead children?"  
Med War. 1994 Jul-Sep;10(3):183-94.  
Atribuye un papel fundamental en la etiopatogenia a las múltiples alteraciones del sistema inmunitario.

• Macfarlane GJ, Thomas E and Cherry N.

"Mortality among UK Gulf War veterans".  
Lancet. 2000; 356:17-21.  
El exceso de mortalidad, a los 8 años del conflicto, es muy pequeño y carece de significación estadística. Este exceso lo es principalmente por accidentes, más que por enfermedad y no es diferente al existente en los demás conflictos.

• Harley NH, Foulkes EC, Hilborne LH, Hudson A, Anthony CR.

"Informe RAND: A review of the scientific literature as it pertains to Gulf War illnesses".  
Vol. 7: Depleted Uranium. 1999.  
Se discute la importancia de diferentes agentes etiológicos:  
Enfermedades infecciosas, incluyendo dos agentes usados potencialmente como armas biológicas: ántrax y toxina botulínica. Piridostigmina. Estrés. Agentes químicos y biológicos. Humos de incendios petrolíferos. Uranio empobrecido. Pesticidas. Alteraciones psíquicas.  
No encuentran causalidad evidente del uranio.

• Cowan DN, DeFraités RF, Gray GC, Goldenbaum MB and Wishik SM.

"The risk of birth defects among children of persiaan gulf war veterans".  
N Eng J Med. 1997. 336:1650-11656.  
Estudian todos los nacimientos ocurridos en 135 hospitales militares entre 1991 y 1993 (33.998 hijos de veteranos de la Guerra y 41.463 hijos de militares no desplazados al Golfo Pérsico). No encontraron evidencia de riesgo de defectos entre los niños de los veteranos.

## 9. Defensa frente ataques nucleares, biológicos y químicos

• Villalonga Martínez, Luis

"Efectos de las armas nucleares: asistencia a bajas masivas nucleares".  
Ministerio de Defensa, Madrid, 1986  
Tras un análisis de los efectos biológicos, a corto y largo plazo, de las explosiones nucleares se presenta un plan de asistencia sanitaria tras una supuesta explosión nuclear en una gran población.

• NATO handbook on the medical aspects of NBC defensive operations.

AMedP-6(B) – NATO. 1994  
Manual OTAN sobre efectos y medidas de defensa contra agresiones nucleares, biológicas y químicas. Contempla sólo aspectos médicos.

## 10. Otros documentos institucionales

• UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. The 2000 Report to the General Assembly with scientific Annexes.

United Nations, New York, 2000.  
El Comité UNSCEAR realiza una revisión periódica de las fuentes de radiaciones ionizantes y sus efectos para la Asamblea General de las Naciones Unidas. Los Gobiernos y distintas organizaciones en todo el mundo tienen en cuenta los informes UNSCEAR para las estimaciones del riesgo radiológico y para establecer las normas de seguridad y protección radiológica. El Anexo B del informe se refiere a la exposición debida a las fuentes naturales de radiación y entre ellas se incluye el uranio. Se dan los datos de concentraciones de uranio en distintos alimentos y en agua potable, así como las dosis de radiación debidas a inhalación e ingestión de uranio.

• ICRP 69, International Commission on Radiological Protection.

"Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3 Ingestion Dose Coefficients".  
Annals of the ICRP Vol. 25 (No. 1). ICRP Publication 69. Pergamon Press, Oxford, 1995.  
Este informe fue adoptado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) en julio de 1994 y contiene los datos biocinéticos y los coeficientes para el cálculo de dosis para el uranio. Se dan los coeficientes para calcular las dosis por unidad de actividad de uranio incorporada por ingestión teniendo en cuenta los nuevos factores de ponderación para órganos y tejidos propuestos por la CIPR en 1990 y los nuevos modelos de excreción.

• ICRP 60, International Commission on Radiological Protection.

"Recommendations of the International Commission on Radiological Protection".  
Annals of the ICRP Vol. 21 (No. 1-3), ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford, 1991.  
Existe una traducción al castellano publicada por la Sociedad Española de Protección Radiológica en 1995.  
Esta publicación presenta las nuevas recomendaciones de protección radiológica adoptadas en 1990 por la CIPR y que sustituyeron las previas de 1977. Se establecen nuevos factores de riesgo para los efectos estocásticos en base a las reevaluaciones

realizadas especialmente en las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki. En base a ello se proponen nuevos límites de dosis para los miembros del público y para los trabajadores.

• ICRP 66, International Commission on Radiological Protection.

"Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection".  
Annals of the ICRP Vol. 24 (No. 1-3). ICRP Publication 66. Pergamon Press, Oxford, 1994.  
El informe es una revisión de la publicación ICRP-30 y contiene los factores que permiten el cálculo de dosis en el sistema respiratorio teniendo en cuenta los nuevos modelos fisiológicos y dosimétricos, así como los nuevos factores de ponderación para órganos y tejidos propuestos por la CIPR en 1990.

• CE, Assessment of the Environmental Impact of Military Activities during the Yugoslavia Conflict.

European Commission DG-XI – Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. Published June 1999. <http://europa.eu.int>.  
Estudio realizado por un grupo de expertos del "Regional Environment Center for Central and Eastern Europe" conjuntamente con otros externos. Se describen los principales efectos sobre el medio ambiente (polución alrededor de los principales blancos militares y contaminación del suelo y agua) y sobre la salud. El informe propone líneas complementarias de investigación.

• Special Oversight Board for Department of Defense Investigations of Gulf War. Chemical and Biological Incidents. Final Report.

Department of Defense. USA. December 2000. <http://www.defenselink.mil>  
Informe elaborado por un grupo de expertos presidido por Warren B. Rudman para el Secretario de Defensa de EEUU según Orden de 31 de enero 2000 y presentado el 20 de diciembre. El Capítulo 6 se refiere a los efectos sobre la salud en las aproximadamente 697.000 personas desplazadas al Golfo Pérsico durante la guerra. 110 soldados estuvieron expuestos al uranio empobrecido como consecuencia del impacto de proyectiles en sus propios vehículos o en otros que inspeccionaron o repararon. No se han encontrado evidencias de efectos nocivos sobre la salud en estos veteranos. En algunos casos se han encontrado niveles elevados de uranio en orina y en semen pero ello no ha afectado ni a la función renal ni a la normalidad de los descendientes de esos veteranos, nacidos hasta el momento en que se elabora el informe. No se han realizado estudios sobre los efectos del uranio inhalado por los veteranos de la Guerra del Golfo.





# Programa para la Protección Radiológica del feto y recién nacido debido a la Exposición Médica de la madre\*

Leopoldo Arranz, Natividad Ferrer, José M<sup>a</sup> Sastre.

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica.  
Hospital Ramón y Cajal (Madrid).

## RESUMEN

La radiosensibilidad del feto/embrión varía a lo largo de las distintas etapas de la gestación, por lo que, existen diferentes factores de riesgo según el momento en que una paciente embarazada pueda sufrir una irradiación tanto por una exploración diagnóstica con rayos X o isótopos radiactivos como por una técnica radioterapéutica. Por desgracia, sucede con más frecuencia de lo esperado, que se irradie inadvertidamente al feto o embrión por desconocer algunas pacientes su estado de embarazo. Se propone un programa para prevenir este problema, basado en la información a las pacientes, y en la formación de los médicos prescriptores, médicos y técnicos especializados en radiología o de medicina nuclear. Dicho programa también contempla los casos de mujeres en periodo de lactancia, para prevenir la irradiación y contaminación del lactante en exploraciones o tratamientos de medicina nuclear.

## SUMMARY

When a patient is not aware of her pregnancy, the foetus/embryo may be inadvertently irradiated during a diagnostic exploration or therapeutic treatment. The radiosensitivity of the foetus/embryo changes during the different periods of gestation. For this reason there are different risk factors for each moment at which the patient may suffer irradiation. In the past 7 years, the department of Medical Physics and Radiation Protection has been consulted 75 times for this reason, to evaluate the dose received in the uterus. Since the establishment of a programme to avoid inadvertent irradiation of the foetus/embryo, these consultations have been reduced. This programme is based on informing the patients and on training the medical staff.

## INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las ocasiones, la dosis impartida en un estudio sencillo de diagnóstico con radiaciones es baja y, en consecuencia, el incremento de riesgo para el embrión/feto es pequeño, aunque también es cierto que determinadas exploraciones, realizadas en el periodo de mayor radiosensibilidad, pueden incrementar el riesgo de anomalías en el recién nacido.

## EFFECTOS EN EL FETO

El desarrollo del feto puede dividirse aproximadamente en tres fases principales:

- La fase de preimplantación, que va desde la concepción hasta la implantación.

- La fase fundamental de organogénesis, que se extiende aproximadamente hasta la 8ª semana después de la ovulación.

- La fase de desarrollo fetal, que dura aproximadamente desde la 9ª semana hasta el nacimiento, y que incluye la formación del sistema nervioso central desde la 8ª hasta la 25ª semana (cuya fase más radiosensible está comprendida entre la 8ª y la 15ª semana). [7, 15].

Los efectos a la exposición a las radiaciones en el embrión/feto dependen del periodo del embarazo en que ocurre la exposición y de la dosis absorbida.

\*Este trabajo fue presentado en el V Regional Congress on Radiation Protection and Safety (29 abril-4 Mayo 2001. Recife-Brasil)





Los riesgos de las radiaciones son más significativos durante la organogénesis y en la primera parte de la fase de desarrollo fetal, algo menores en el segundo trimestre y aun menores en el tercer trimestre [14].

En el periodo precoz del embarazo (en las dos primeras semanas) prácticamente el único riesgo es la no implantación ó la muerte radioinducida (ley del todo o nada). Teniendo en cuenta la frecuencia natural de mortalidad del embrión (40-60%) y la baja probabilidad de que la radiación afecte al nacido, el periodo precoz del embarazo puede considerarse como un periodo con riesgos relativamente bajos debidos a la radiación.

Durante el periodo de la organogénesis, considerado convencionalmente a partir de la tercera semana (hasta la 8ª), se podrán producir malformaciones en el órgano que se esté desarrollando en el momento de la exposición. Estos efectos son de carácter determinista y se ha estimado un umbral a partir de 100 mGy. [14], con un riesgo asociado de aproximadamente 0.5 por Gy. Dado que el riesgo natural de malformaciones es del 2-4 %, esto

supone que, por una exposición en útero de más de 100 mGy, se podría casi duplicar.

Durante el periodo comprendido entre las dos semanas de la concepción hasta finales de la gestación, la exposición a la radiación puede provocar un aumento de la probabilidad de cáncer en el nacido vivo. [3].

Un análisis reciente de estudios epidemiológicos realizados sobre exámenes prenatales con rayos X y cáncer infantil indica que el riesgo relativo es de 1.4 (es decir, un incremento del 40% sobre el riesgo natural) para una dosis fetal de alrededor de 10 mGy. Sin embargo, los mejores estudios metodológicos sugieren que el riesgo probablemente sea menor. Aún si el riesgo relativo fuera tan alto como 1.4, la probabilidad individual de cáncer infantil debida a una irradiación in útero sería muy baja (alrededor del 0.3-0.4 %) ya que la incidencia natural del cáncer infantil es de ese mismo orden (alrededor de 0.2-0.3 %) [7].

Estimaciones recientes de riesgo absoluto de cáncer en edades comprendidas entre 0 y 15 años debido a la irradiación in útero parecen estar en

el rango de 600 por cada 10.000 personas expuestas a 1.000 mGy (o sea 0.06% para 10 mGy). Este valor es esencialmente equivalente al riesgo de una muerte por cáncer por cada 1.700 niños expuestos in útero a 10 mGy [7].

El riesgo de retraso mental grave y disminución del coeficiente intelectual (CI) es superior en el periodo entre la semana 8 a la 15 (0.45 por Gy) y baja entre las semanas 16 a la 25 (0.1 por Gy). A efectos de comparación, puede considerarse que la proporción de casos de retraso mental grave en los nacidos es de 0.5 a 1 por 100. Todas las observaciones clínicas significativas sobre reducciones del IQ y retraso mental grave están relacionadas con dosis fetales del orden de 500 mGy ó superiores, producidas a altas tasas de dosis[7].

En la última fase de embarazo, a partir de la 25ª semana, existe un riesgo de trastorno del crecimiento, sin malformación, aunque dicho riesgo puede darse en todas las fases del embarazo. No obstante, en el estado actual de los conocimientos puede decirse que el riesgo es pequeño, aunque no puede cuantificarse. [3].

### EFFECTOS EN EL NEONATO

Un neonato puede verse expuesto a la radiación ionizante si la madre ha sido sometida a un examen o tratamiento de medicina nuclear porque el radionucleido administrado permanecerá en el cuerpo de ésta durante un cierto tiempo según sus características físicas y los factores biológicos. Si el radionucleido emite al mismo tiempo radiación penetrante, el neonato estará expuesto a la radiación externa procedente de la madre cuando esté



cerca de ella, es decir, cuando lo alimenta o abraza. La dosis dependerá del tiempo en que se mantenga al niño en los brazos, la distancia con respecto al cuerpo de la madre, etc.

La administración de algunos radiofármacos a una mujer que esté amamantando hará que se transfieran a la leche materna sustancias radiactivas. El recién nacido estará expuesto a una dosis de radiación por la leche contaminada. El nivel de la dosis dependerá de diversos factores, tales como el radiofármaco administrado, la cantidad de leche ingerida y el tiempo transcurrido entre la administración del radiofármaco a la madre y el momento de la toma.

Los pacientes con sustancias radiactivas incorporadas pueden constituir una fuente de contaminación cuando eliminan dichas sustancias a través de la orina, la transpiración, la saliva y la respiración, que puede ser inhalada o ingerida por un recién nacido. Si se presta gran cuidado y atención a la higiene, la dosis recibida por el niño será baja. [2,9].

El riesgo principal para un neonato expuesto a la radiación ionizante, que es la inducción de un cáncer, es el mismo que el de los niños pequeños, es decir entre dos y tres veces superior al de la población en general. [3].

### ESTIMACIONES DEL RIESGO EN EXPLORACIONES RADIOLÓGICAS Y DE MEDICINA NUCLEAR

Una dosis de 10 mGy al feto, que puede ser habitual en algunos tipos de exploraciones radiológicas abdominales y con radionucleidos (gammagrafías ósea, cerebral, microcárdica de perfusión con Tl 201, con Tc-99m MIBI y con Tc-99m TTF, etc.), supondrá un

incremento de riesgo de retraso mental grave de un 4 ‰, cuando la irradiación tiene lugar ante las semanas 8 y 15, (el periodo más radiosensible) cifra que comparada con la tasa natural (5‰) el incremento de riesgo es pequeño y podría ser aceptable la exploración si el beneficio es importante.

Dosis al feto, entre 10 y 100 mGy o más, se pueden dar en exploraciones radiológicas complejas (enema de bario, urografía intravenosa, columna lumbar, TC de abdomen, de pelvis, etc.), en exploraciones simples realizadas con equipos y protocolos poco optimizados, en radiología intervencionista así como en algunas exploraciones y tratamientos de medicina nuclear (gammagrafías con Ga-67 o Selenio-75, rastreos y tratamientos terapéuticos con I-131, etc.).

En este caso y en el periodo más radiosensible del SNC (8ª a 15ª semana), el riesgo de retraso mental grave puede superar el 2-4%, cifra que po-

día duplicar la tasa natural. En este caso, el incremento de riesgo es lo suficientemente importante como para que se tenga en consideración tomar medidas severas de protección radiológica. [1,2,4,7,8,9,10,11,12,14]

### PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL FETO

#### • ¿Cuándo se debe aplicar el Programa?

Se deberán tomar medidas de protección radiológica, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Cuando las dosis al feto en los exámenes o tratamientos puedan estimarse en más de 10 mGy (en la Tabla 1 se presentan las dosis absorbidas medias y máximas en útero de varias exploraciones o tratamientos) [8,10,11]. No será necesario tomar medidas particulares en los exámenes con dosis bajas, inferiores a 1 mGy de dosis absorbida para el feto (exploraciones con rayos

| Examen                        | Media de Dosis absorbida | Valores máximos de Dosis absorbida (*) |
|-------------------------------|--------------------------|--|
| Abdomen                       | 1.4                      | 16.1                                   |
| Enema de bario                | 6.8                      | 40.0                                   |
| Gastroduodenal                | 1.1                      | 20.0                                   |
| Urografía intravenosa         | 1.7                      | 69.0                                   |
| Columna lumbar AP             | 1.7                      | 19.8                                   |
| Cadera y pelvis               | 1.1                      | 16.1                                   |
| TC abdominal                  | 8.0                      | 49.0                                   |
| TC pelvis                     | 25.0                     | 79.0                                   |
| Osea Tc 99m-fosfato           | 4.7                      | 6.8                                    |
| Perfusión miocárdica Tl-201   | 3.7                      | 9.3                                    |
| Cerebral Tc 99m Pertecnectato | 4.3                      | 6.5                                    |
| Se-75 Selenocolesterol        | 14.0                     | 133.0                                  |
| Ga-67 Tumores y abscesos      | 25.0 (*)                 | 30.0                                   |
| I-131 Met. Tiroides           | 11.0 (*)                 | 22.0 (*)                               |
| I-131 Trat. Tiroides          | -                        | 509.0 (*)                              |
| (*) 9 meses                   |                          |  |

Tabla 1: Dosis absorbida en útero en exploraciones diagnósticas o tratamientos usuales(mGy). (8,10,11)

|            | Radiofármacos, investigaciones y Actividades administrativas  | Evite el embarazo (meses) |
|------------|---|---------------------------|
| Fe-59 (iv) | Metabolismo del hierro 0,4 MBq  | 6                         |
| Se-75      | Selenonorcoesterol: obtención de imágenes suprarrenales 8 MBq   | 12                        |
| I-131 MIBG | Obtención de imágenes de tumores 20 MBq   | 2                         |
| I-131 yodo | Metástasis tiroideas >30 MBq  | 4                         |
| Nota 1:    | Los cálculos se basan en las dosis para el útero procedentes de radiación externa y, para los exámenes con Fe-59 y I-131, se ha tenido en cuenta también la posibilidad de que se atraviese la barrera placentaria. |                           |
| Nota 2:    | Si la actividad administrada difiere considerablemente de los valores mencionados anteriormente, se pedirá consejo a un físico médico.  |                           |

**Tabla 2:** Exámenes de medicina nuclear en los que el embarazo durante el periodo de tiempo indicado puede dar lugar, desde el momento de la implantación, a dosis equivalente de radiación para el feto superiores a 1mSv. (13).

X en las que el útero no está expuesto al haz primario, como el tórax, cráneo, columna dorsal, TAC de cabeza [7]. Para casos en que las dosis estén comprendidas entre 1 y 10 mGy, (abdomen, pelvis, etc.) se podrán tomar medidas preventivas basadas en la información a la paciente y en la optimización de la técnica.

- Cuando la mujer tenga capacidad de procrear, desde la pubertad (mayores de 12 años) hasta la menopausia (normalmente menores de 50 años), a excepción de las mujeres que han sido sometidas a una histerectomía o a una ligadura de trompas. La utilización de anticonceptivos, no descarta la posibilidad de embarazo (1%). [3,7].

**• Determinación del embarazo**

El médico prescriptor, cuando solicite una exploración o tratamiento con radiaciones ionizantes deberá preguntar a la paciente si está o puede estar embarazada. Los técnicos operadores deberán asimismo realizar esta pregunta cuando la paciente se vaya a realizar la prueba correspondiente, ya que puede pasar un tiempo apreciable entre la solicitud de la prueba y su realización.

*En las salas de espera deberán fi-*

*jarse, en sitios bien visibles, carteles informativos en el que se inste a las pacientes a informar al médico sobre una eventual situación de embarazo.*

Si la mujer contesta que tiene periodos regulares, que no le ha faltado una regla y si el médico no tiene motivo alguno para pensar que está embarazada, el examen o el tratamiento puede realizarse según lo previsto.

Si existen dudas, bien porque le haya faltado una regla, por la irregularidad de los periodos o por otras razones, no se debe excluir la posibilidad de embarazo. En tal caso la exposición prevista se pospondrá hasta después de la próxima menstruación o hasta que pueda realizarse la prueba de embarazo.

No es necesario aplicar la denominada regla de los diez días ("la exposición se realizaría solamente durante los diez días posteriores al inicio del periodo") de forma habitual. Si se prevé llevar a cabo un examen o tratamiento que implique una dosis elevada en pelvis el médico podrá considerar conveniente ordenar la prueba del embarazo [3,7].

En casos de urgencia, si corre peligro la vida de la mujer o ésta ha perdido

el conocimiento, se actuará inmediatamente aunque no sea siempre posible seguir las recomendaciones anteriores. En tales casos, y cuando se realice un procedimiento con alta dosis en pelvis, es especialmente importante que tras el examen o tratamiento se evalúe el riesgo para el feto a fin de disponer de una base apropiada para otras consideraciones. Para facilitar dicha evaluación se recomienda el registro de todos los parámetros técnicos (tipo de generador, kVp, mAs, filtración, distancia foco-película, tamaño de campo, tipo y número de proyecciones, así como tiempo y datos de escopia si procede [3,7,8].

**• ¿Cuándo se debe desaconsejar el embarazo?**

- En medicina nuclear, a diferencia de los procedimientos con rayos X, la paciente puede seguir siendo una fuente de radiación durante algún tiempo después de un examen o tratamiento, por lo que, en algunos casos, debe desaconsejarse el embarazo durante un periodo de tiempo determinado a partir de la administración de radionucleidos [3]. En la Tabla 2 se ofrecen ejemplos de procedimientos junto con la indicación del periodo de tiempo



durante el que debe desaconsejarse el embarazo [13].

- En el caso de tratamiento con radiofármacos, se desaconsejará el embarazo por lo menos 6 meses después de la radioterapia con I-131 [7] y otros periodos de tiempo, según el radionucleido utilizado (tabla 3) [13]. Con ello se garantizará que la dosis para el feto no sobrepasará probablemente 1 mGy. En dicha tabla se ofrecen recomendaciones para algunos procedimientos usuales. Dado que podrían dañarse los espermatozoides, se aconsejará a los varones no engendrar durante los cuatro meses posteriores al tratamiento con I-131. [3].

- En el caso de radioterapia, se puede recomendar que las pacientes eviten quedar embarazadas hasta después de uno o dos años de finalizar el tratamiento. Esto no está relacionado fundamentalmente con una preocupación por los efectos potenciales de las radiaciones, sino teniendo en cuenta el riesgo de que el tumor recidive y requiera más irradiación, cirugía o quimioterapia [7].

#### • ¿Qué hacer si se confirma el embarazo?

Si se confirma el embarazo o si se debe tratar a la mujer como embarazada, se recomienda proceder de uno de los siguientes modos:

- Anular la exploración valorando la realización de otras técnicas alternativas disponibles (ultrasonidos ó RM) que tengan el mismo objetivo, pero que no impliquen exposición a radiaciones ionizantes. También se puede preguntar a la paciente sobre cualquier estudio similar que le hayan realizado recientemente.

| Nucleido y forma | Para tratamiento de            | Todas las actividades hasta (MBq) | Evite el embarazo (meses) |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Au-198 coloide   | Enfermedad maligna             | 10.000                            | 1                         |
| I-131 yodo*      | Tirotoxicosis                  | 800                               | 4                         |
| I-131 yodo*      | Carcinoma tiroideo             | 5.000                             | 4                         |
| I-131 MIBG*      | Feocromocitoma                 | 5.000                             | 3                         |
| P-32 fosfato     | Policitemia, etc.              | 200                               | 3                         |
| Sr-89 cloruro    | Metástasis óseas               | 150                               | 24                        |
| Y-90 coloide     | Artritis articulatorias        | 400                               | 0                         |
| Y-90 coloide     | Malignidad                     | 4.000                             | 1                         |
| Er-169 coloide   | Artritis de las articulaciones | 400                               | 0                         |

Los cálculos se basan en las dosis para el útero procedentes de radiación externa, pero para los tratamientos con I-131 se ha tenido también en cuenta la posibilidad de que atraviese la barrera placentaria. Debe hacerse hincapié en que la relación entre actividad y dosis para el feto no es lineal, por lo que debe pedirse asesoramiento a un físico médico sobre la dosis prevista cuando ésta sea mucho más alta que las mencionadas en la tabla.

**Tabla 3:** Periodo de tiempo posterior al tratamiento con radionúclidos durante el que debe evitarse el embarazo para asegurar que la dosis equivalente para el feto es inferior a 1mSv (13).

- Posponer la exploración para otra fecha, si no es urgente, en el caso que la paciente tenga dudas sobre su estado de embarazo hasta conocer realmente su estado, o para después del parto, si se confirma su estado de embarazo.
- Realizar la exploración si realmente está justificada y cuando el retraso del examen o tratamiento no sea clínicamente posible.
- En cualquier caso, en radiología, se deberá asegurar que las condiciones técnicas son las óptimas, utilizando el mínimo mAs, máxima colimación posible, reducir el número de proyecciones, evitar el uso de parrilla antidifusora y utilizar los medios disponibles de protección para las zonas adyacentes que no afecten a la imagen.
- En el caso de la Medicina Nuclear, se deberá prestar atención a la selección de radionucleidos y la mínima dosis administrada compatible a fin de minimizar la dosis al feto.
- En el caso de la radioterapia, antes de adoptar una decisión sobre el tratamiento de la futura madre, se calculará cuidadosamente la dosis al feto. Esta será normalmente alta, pero por lo general deberá prevalecer el tratamiento de la madre sobre el riesgo radiológico del feto. En la discusión y la decisión sobre el tratamiento, se tendrá en cuenta la decisión de la madre. En cualquier caso, se deberá siempre explicar a la paciente la decisión tomada y solicitar su consentimiento: el paciente tiene derecho a conocer los posibles riesgos [7].

#### • ¿Qué se debe hacer después de un examen o tratamiento de pacientes embarazadas?

Después de examinar o tratar a una mujer embarazada con radiación ionizante o cuando, en el momento del examen o tratamiento, se desconocía la existencia de embarazo, un experto en física médica o el propio médico



responsable deberá estimar la dosis al feto. Si el útero no estuvo expuesto al haz de rayos X, o se considera que la dosis es inferior a 1 mGy no será preciso realizar dicha estimación [3].

Una vez realizada la estimación de dosis se podrá calcular los riesgos radiológicos, en relación a la fase del embarazo.

Para dosis fetales menores de 100 mGy no existe justificación médica para interrumpir un embarazo debido a la exposición a las radiaciones [5,14]. Por encima de esta dosis, se tendrán en cuenta las circunstancias individuales. No obstante, incluso una dosis para el feto tan alta como varios cientos de miligrays no pueden en todos los casos llevar a aconsejar la interrupción del embarazo. Esta posibilidad puede considerarse, especialmente, en los procedimientos terapéuticos [7].



junto de la población [5]. En el caso de un tratamiento con radionucleidos no encapsulados, se interrumpirá siempre la lactancia.

Si se continúa la lactancia después del procedimiento, se recomienda bom-

bear leche materna varios días antes y almacenarla para dársela al niño después de la administración del radiofármaco. El tiempo total recomendado antes de volver a amamantar figura en la Tabla 4. Durante este periodo

### PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL LACTANTE

Si una mujer en edad fértil se va a realizar un examen o tratamiento de medicina nuclear, se le deberá preguntar, verbalmente o por escrito, si está amamantando a un niño. En la sala de espera se expondrá también en un lugar bien visible un cartel en el que se solicite a las pacientes que informen al personal sobre ello. Si la respuesta es afirmativa, se informará a la paciente sobre la necesidad de restringir el amamantamiento en función del procedimiento diagnóstico o terapéutico. Para los procedimientos diagnósticos con algunos de los radiofármacos más comunes, puede servir de orientación la Tabla 4 [9]. Con ello se garantizará que el bebé reciba una dosis equivalente inferior a 1 mSv, que es el límite de dosis para el con-

| Radiofármaco                                | Actividad administrada | Interrupción MBq(mCi) |
|---|------------------------|-----------------------|
| P-32 Fosfato de sodio                       |                        | Si                    |
| Cr-51 EDTA                                  | 1.85 (0.05)            | No                    |
| Ga-67 Citrato                               | 185 (5)                | Si                    |
| Se-75 metionina                             |                        | Si                    |
| Tc 99m DMSA, Glucohepnotato, MIBI, HMPAO    | 1110 (30)              | No                    |
| Tc 99m DMSA, difosfonato                    | 740 (20)               | 4 h.                  |
| Tc 99m Coloide Sulfúrico                    | 444 (12)               | 12 h.                 |
| Tc 99m MAG-3, Pirofosfanatos,               | De 111 (3)             | 12 h.                 |
| Microesferas, RBC' in vivo, Eritrocitos MAA | A 148 (4)              |                       |
| Tc-99m WBC's                                | 185 (5)                | 24 h.                 |
| Tc-99m Pertecnetato                         | 1110 (30)              | 47 h.                 |
| In-111 WBC's leucocitos                     | 18.5 (0.5)             | 12 h.                 |
| I-123 Ina, hipuran                          | 14.8 (0.4)             | 12 h.                 |
| I-123 MiBG                                  | 370 (10)               | 24 h.                 |
| i-123 MSA                                   |                        | Si                    |
| I-131 Ino                                   |                        | Si                    |
| Tl-201                                      | 111 (3)                | Si                    |

Tabla 4: Recomendaciones para la interrupción de la lactancia después de la administración de radiofármacos (4,9,12).



se evitará el contacto estrecho con el niño [3].

## CONCLUSIONES

Todo médico prescriptor, médicos especialistas en radiología, medicina nuclear o radioterapia, técnicos operadores, etc. deben recibir la formación necesaria en protección radiológica para llevar a cabo un Programa de protección al feto y recién nacido, basados en los criterios de justificación y optimización propuestos por la ICRP.

- Si en un estudio radiológico están implicadas la región abdominal o pélvica de una paciente embarazada o con capacidad de procrear, se deberá prestar especial atención a la justificación, y particularmente a la urgencia de su realización. La ICRP y la CE recomiendan que se deben evitar aquellos procedimientos diagnósticos que supongan una exposición del abdomen de mujeres posiblemente embarazadas salvo que existan indicaciones clínicas importantes.

- No hay que olvidar que cuando una exploración diagnóstica o tratamiento están plenamente justificados, los beneficios superan con creces a los riesgos y que *el riesgo de no hacerse un estudio o tratamiento con radiaciones necesario, puede ser mucho mayor que el riesgo producido por la radiación.*

- Se deben poner todos los medios posibles para conocer *si una paciente en edad de procrear que va a someterse a una exposición a la radiación, está, o puede estar, embarazada* (en el momento de la solicitud, carteles informativos, antes de su realización,...).

- Una vez justificada la exposición, es necesario conseguir que *la dosis fetal se mantenga tan baja como ra-*

*zonablemente pueda alcanzarse, de acuerdo con la obtención de la información diagnóstica o tratamiento requeridos.* La experiencia demuestra que para una misma exploración, existe un gran intervalo de dosis al útero, según el equipo y el protocolo de la exploración que se utilice, por lo que se puede conseguir fácilmente grandes reducciones de dosis sin que se afecte la imagen diagnóstica.

- *En la mayoría de las exploraciones diagnósticas con rayos X o con isótopos radiactivos, la radiación recibida por el feto es baja y, en consecuencia, el incremento de riesgo es muy pequeño.*

- *En el caso de estimarse dosis altas, especialmente en caso de radiología intervencionista ó tratamientos radioterapéuticos, se deberá hacer una evaluación de la dosis en útero para estimar el riesgo radiológico, para que mediante un análisis riesgo-beneficio, ayude a decidir la estrategia óptima a seguir, en relación al embarazo.*

- *La interrupción del embarazo no está justificada para dosis fetales inferiores a 100 mGy.* Para dosis superiores se tendrán en cuenta las circunstancias individuales de cada paciente.

## REFERENCIAS

- [1] COHEN B.L. Catalog of risk extended and updated. Health Phys. 61: 317-335, 1991.
- [2] Comisión Europea; Protección radiológica después de la terapia con Yodo-131 (exposiciones debidas al contacto con pacientes ambulatorios o dados de alta). Protección radiológica 97, 1998 – OPOCE Luxemburgo.
- [3] Comisión Europea; Guía para la protección del feto y los niños pequeños irradiados debido a la exposición médica de sus progenitores. Protección radiológica 100, 1999 – OPOCE Luxemburgo.

- [4] Comisión Internacional de Protección

Radiológica. Protection of the Patient in Nuclear Medicine. ICRP. Publication 52. Oxford: Pergamon Press, 1987.

- [5] Comisión Internacional de Protección Radiológica. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP. Publication 60. Oxford: Pergamon Press, 1991.
- [6] Comisión Internacional de Protección Radiológica. Radiological Protection and Safety in Medicine, ICRP Publication 73. Oxford: Pergamon Press, 1996.
- [7] Comisión Internacional de Protección Radiológica. Pregnancy and Medical Radiation. ICRP. Publication 84. Oxford: Pergamon Press, 2000
- [8] Morán P. y otros. Estudio de las dosis en útero en exploraciones radiológicas abdominales. Estimación de riesgos durante el embarazo. Radiología 31, 7: 527-537, 1989
- [9] Mountford P.J. Evaluación del riesgo del paciente de medicina nuclear. Br J Radiol 70: 671-684, 1997
- [10] Rusell, J.R. y otros. Radiation absorbed dose to the embryo/fetus from radiopharmaceuticals. Health Phys, 73, 756-769. 1997.
- [11] Sharp C. Shrimpton J.A., Burry, R.F. Diagnostic Medical Exposures: Advice on Exposure to Ionizing Radiation during Preynancy. National Radiological Protection Board, Chilton, Oxon, U.K. 1998.
- [12] Stabin MG. Comunicación interna. Radiation Dose Information Center USA. 1999.
- [13] Thomson WH. Private communication. 1998.
- [14] United Nations. Ionising radiation: Genetic and Somatic Effect of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1986. Report to the General Assembly, with annexes. United Nations sales publication E. 86.IX.9. United Nations, New York, 1986.
- [15] United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Ionizing Radiation, 1993. Report to the General Assembly, with annexes. United Nations sales publication E.94.IX.2. United Nations, New York, 1993.

# Gestión Radiológica de materiales en Desmantelamiento

M. Ondarro\*, M<sup>e</sup>.T. Ortiz\*, I. Irún\*, J. Just\*\*

\* ENRESA  
\*\* HIFRENSA

## RESUMEN

Uno de los aspectos más crítico que conllevan las tareas de la ejecución del desmantelamiento de una central nuclear es la gestión de materiales desde el punto de vista radiológico, que en función de su caracterización previa se pueden clasificar en: 1) Materiales convencionales, 2) Materiales desclasificables, 3) Materiales desclasificados y, 4) Residuos radiactivos.

Uno de los objetivos principales, entre otros, en el desmantelamiento de la Central de Vandellós-1, es liberar la mayor parte de materiales que inicialmente están sometidos al Control Regulador. Para ello, se debe establecer una metodología específica de desclasificación de materiales de manera que se verifique que cumple con los niveles de desclasificación autorizados.

En este artículo se describen aquellos aspectos relevantes que contempla la aplicación de la metodología como son: 1) criterios de producción radiológicos, 2) segregación, 3) utilización de equipos, 4) verificaciones y calibraciones, 5) control de calidad y, 6) documentación y registros. Además se resume el proceso de licenciamiento ante el Organismo Regulador, así como conclusiones de carácter general y específico.

## SUMMARY

One of the problems involved in the performance of Nuclear Power Plant Dismantling tasks is the management of the materials from the point of view of Radiological Control aspects arising during performance of the Project, regardless of whether they are:

1) Conventional materials, 2) Declassifiable materials, 3) Declassified materials, and 4) Radioactive wastes.

In particular, another objective to be achieved in the Vandellós-1 NPP (CN-V1) Decommissioning and Dismantling Plan, now in advanced performance activities, is the release or exoneration from regulatory controls of the largest possible number of materials, equipment, systems, buildings and terrain subjected to such Regulatory Controls. In order to achieve this objective, there is a need for contrasted equipment designed to achieve this release from regulatory control and providing adequate levels of data guarantee and protection. Also, there is a summary of the different volumes of materials to be managed, by streams, resulting from the initial studies performed during the preliminary Project.

To guarantee that, the materials are adequately managed (Radiological Control), clearly separating those which are contaminated from those which are not. The quantities to be managed and the mechanisms applied are described, and the different techniques used to ensure compliance with the derived values are dealt with. Likewise, the paper describes the difficulties encountered during the process of preparing the documentation submitted to the CSN for issuing of the Declassification permit. The process of drawing up this documentation and its submittal to the Regulatory Authority is also dealt with briefly.

The paper includes a description of the different measuring equipment and techniques used at the CNV-1 site to meet the declassification requirements imposed by the regulatory authority (Nuclear Safety Council-CSN). Finally, major conclusions are summarized in order to be taking in account in other activities.

## INTRODUCCIÓN

La CN Vandellós-1 (CN-V1), actualmente en estado avanzado de desmantelamiento a nivel 2 del OIEA, cuyos trabajos están siendo realizados por ENRESA, está proporcionando una experiencia pionera en este campo, al tratarse de la primera central nuclear de potencia de tecnología grafito-gas que se desmantela en Europa. En esta experiencia, uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista radiológico es la "gestión controlada de los materiales provenientes de la ejecución del Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC)". Desde esta perspectiva radiológica, la CNV-1, central de tecnología francesa de uranio natural, grafito, gas carbónico, que operó desde 1972 hasta 1989, ha presentado unas singularidades tanto estructurales como operativas que pueden resumirse en:

- Sistema de mantenimiento (recarga) del combustible automatizado con el reactor a potencia, mas un sistema asociado de detección de rotura de vainas en tiempo real, lo que conduce a los radionucleidos de activación (Co-60) como más representativos de su radiactividad estructural, una vez descargado el combustible.
- Almacenamiento transitorio del combustible irradiado en piscinas de agua, con la existencia en ellas de algunas roturas de vaina que han dado lugar a la significación de productos de fisión y actínidos como contaminantes radiactivos residuales.
- Residuos radiactivos de operación específicos (camisas de grafito del combustible, absorbentes, piezas irradiadas del sistema de mantenimiento) almacenados sin acondicionar durante la operación, así como las resinas selectivas de cesio del sistema de tra-

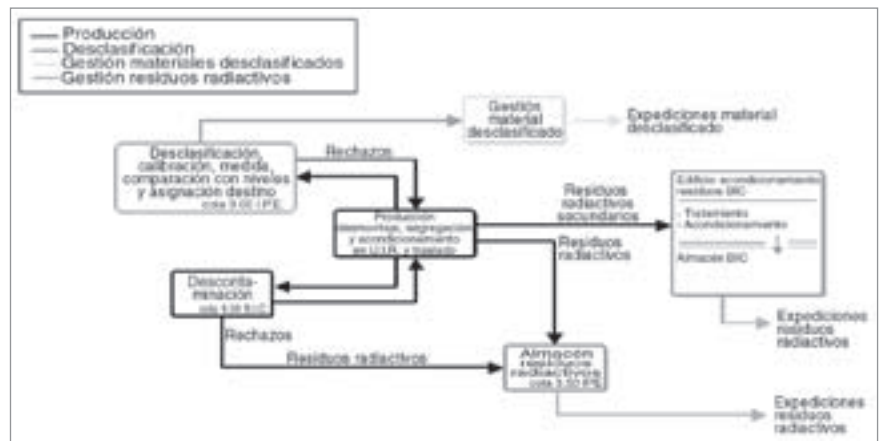


Figura 1: Diagrama del proceso de desmantelamiento.

tamiento del agua de piscinas.

Además, desde la parada definitiva del reactor en octubre de 1989 hasta el inicio de la ejecución del Plan de Desmantelamiento de las partes activas de la Instalación (PDPA) en abril de 1999 habían transcurrido 9,5 años, requiriéndose por tanto un seguimiento y actualización de la evolución radiactiva de la misma, además de su caracterización radiológica específica a los efectos del proyecto de desmantelamiento. En este período, durante el que se produjo la transferencia de la titularidad de la Instalación a ENRESA en febrero de 1998, se desarrollaron las siguientes actividades:

- Descarga del núcleo del reactor y evacuación completa del combustible para posterior reproceso.
- Acondicionamiento de los residuos de operación.
- Preacondicionamiento y almacenamiento de las camisas de grafito y absorbentes.
- Vaciado y limpieza de las piscinas de combustible.
- Caracterización radiológica del emplazamiento e instalaciones, en varias fases.
- Desmantelamiento de partes convencionales.

La evolución radiológica de la Instalación CNV-1 ha sido ya expuesta con anterioridad en esta misma Revista. En el presente trabajo se expone, con un mayor detalle en las actividades de tipo radiológico, el desarrollo del proceso de la gestión controlada de los materiales objeto del desmantelamiento para su segregación, caracterización radiológica, clasificación como residuos radiactivos y, en su caso, la desclasificación de los mismos.

## GESTIÓN DE MATERIALES

### Gestión global

En el diagrama superior se reflejan las etapas del proceso global de gestión de materiales potencialmente radiactivos generados durante el desmantelamiento de CN-V1.

### Proceso de Desclasificación

Dentro del proceso de la gestión global de materiales, el proceso de desclasificación se resume en los pasos siguientes:

- 1- Producción de Unidades de Manejo Autorizadas (UMA's) en Unidades de Intervención Radiológica (UIR's):
  - clasificación, segregación y acondicionamiento



| PUNTOS  | MEDIDAS  |
|---|--|
| Salida de:<br>✓ Unidades de Intervención Radiológicas<br>✓ Taller de descontaminación | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación</li> <li>• Control etiquetado</li> <li>• Peso</li> <li>• Control Radiológico cualitativo</li> </ul>    |
| Entrada/Salida de unidad de caracterización   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación</li> <li>• Control etiquetado</li> <li>• Pesada</li> <li>• Control Radiológico cuantitativo</li> </ul> |
| Equipo de medida  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación</li> <li>• Control etiquetado</li> <li>• Pesada</li> </ul>   |
| Depósitos (Entrada/Salida)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación</li> <li>• Control etiquetado</li> <li>• Pesada</li> </ul>   |

Tabla 1: Relación de puntos de medida.

- criterios físicos y radiológicos.
- 2- Verificación del cumplimiento de los requisitos de producción.
  - 3- Calibración de los sistemas de medida
  - 4- Realización de las medidas de des-

- 5- Estimación de la actividad a partir de la medida realizada por el sistema de medida.
- 6- Control de calidad al proceso de medida y al producto terminado.

7- Comparación de actividades estimadas con los niveles de desclasificación.

8- Asignación de destino y cierre del expediente de desclasificación.

En general, la desclasificación de materiales implica la realización de medidas de niveles de actividad de los mismos. No obstante, si previamente a la decisión de efectuar tales medidas, los datos disponibles indican la inexistencia de radiactividad en el material (por encima de los niveles de fondo), el tipo y/o

cantidad de medidas radiométricas a efectuar será innecesario o de menor entidad, dado que únicamente se pretenderá confirmar dicha ausencia. Durante todo el proceso se realizan una serie de medidas. En el caso de CN-V1, se entiende como "medida" al conjunto de inspecciones y ensayos que permitan el control apropiado del proceso previsto. Así, mediante la inspección de la UMA pueden verificarse entre otros su correcta disposición (llenado), etiquetado, origen, tipo de material y fecha de producción. Mediante técnica alternativa, se verificará, según aplique, su peso y contenido radiactivo, incluyendo en este último las actividades específicas y superficiales, totales y por radionucleido, según aplique. El conjunto de "medidas" se recoge en la Tabla 1.

En la Tabla 2 se indican las etapas a seguir por las Áreas de Producción y Desclasificación dentro del proceso global.

### Tipología de Materiales

Las diferentes corrientes de materiales a gestionar previstas en el Plan de Desmantelamiento de CN-V1 son las siguientes:

- A) Materiales segregables
  - Equipos y chatarras metálicas
  - Escombros de hormigón
  - Tierras
  - Aislamientos
  - Aceites
  - Secundarios (plásticos, vestuario de protección, etc.)
  - Otros
- B) Paramentos de diferentes materiales
  - Recintos y edificios
  - Áreas exteriores

Las masas y/o superficies, aproximadas de materiales asociadas a sistemas y equipos o a paramentos por tipo de

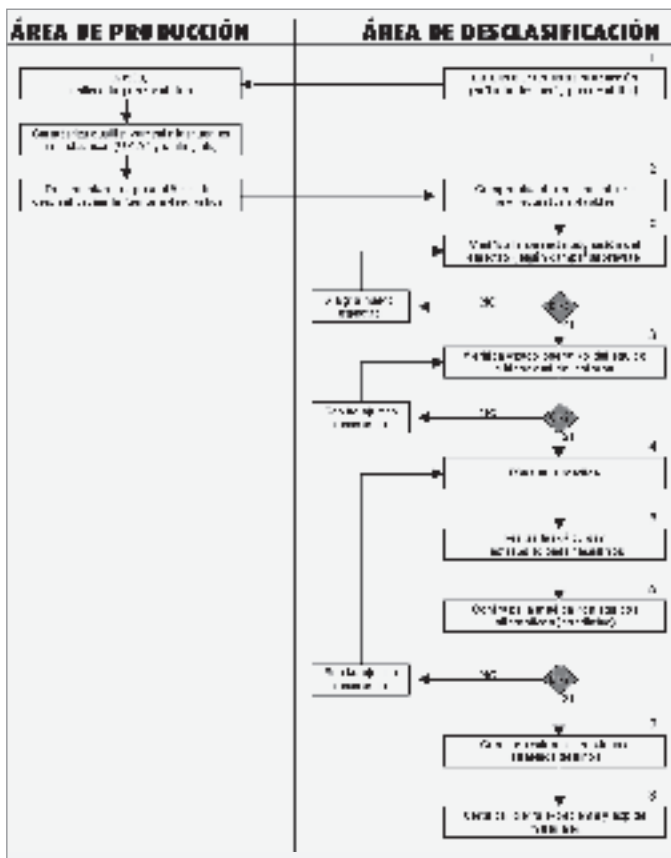


Tabla 2: Proceso de Desclasificación

| GEOMETRÍA           | BIDÓN (Nº) | CMD (Nº)     | BIG-BAG (Nº) | SUPERFICIE (*) (m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------|--------------|--------------|----------------------------------|
| CHATARRA FERROSA    |            | 2.250        |              | 13.500                           |
| CHATARRA NO FERROSA |            | 90           |              |                                  |
| BARDADO             |            |              |              | 22.250                           |
| HORMIGÓN            | 75         | 15           |              | 60.500                           |
| AISLAMIENTO         |            |              | 465          |                                  |
| CABLES              |            | 150          |              |                                  |
| OTROS               | 50         | 150          | 25           | 4.000                            |
| <b>TOTAL</b>        | <b>125</b> | <b>2.655</b> | <b>490</b>   | <b>100.250</b>                   |

\* SÓLO PARÁMETROS (EXCLUIDOS TERRENOS)

Tabla 3: Estimación de materiales (Número de contenedores y superficies)

material son las indicadas en la Tabla 3.

A los anteriores materiales habrá que sumar todas las superficies de los edificios y de los terrenos que, durante el período de latencia, queden fuera de la zona restringida, los cuales constituyen el emplazamiento desclasificado. Los terrenos representan una superficie del orden de 186.000 m<sup>2</sup>.

### **Espectros Tipo**

Un aspecto fundamental y crítico en la gestión de materiales para desclasificación es medir, estimar, calcular y comparar los valores de actividad con los valores derivados de desclasificación. Este proceso se basa entre otros, en asignar (a los materiales a gestionar) espectros radiológicos que mediante factores de escala permitan derivar valores de los radionucleidos no medibles con los detectables con los equipos de desclasificación industrial.

Esta asignación de espectros se realiza en base a una clasificación inicial de sistemas y funciones según el proceso y fluidos que condujeron. Se han considerado hasta la fecha 7 espectros diferentes y aplicables a materiales, básicamente metálicos y los correspondientes a paramentos de edificios. En el caso del área del ATC (Tratamiento y acondicionamiento de camisas de grafito) se considera un único espectro para materiales metálicos y paramentos. En

CN-V1 se han agrupado en los siguientes grandes grupos funcionales:

#### **a) Origen general (fluido gaseoso)**

Pertencen a este espectro las:

- Funciones de Refrigeración del gas primario por CO<sub>2</sub>, ventilación en parada y ventilación general de locales.
- Funciones para la Detección de rotura de vainas.
- Funciones relacionadas con la Máquina Integrada y esclusa del combustible irradiado.

#### Espectro General-Sistemas

El isótopo predominante es el H-3 (87%), que junto con el C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, Cs-137 y Pu-241 constituyen el 99%. El isótopo beta-gamma predominante es el Co-60 (0.5%) y son de escasa significación el Am-241, Pu-238/239, Sr-90, Cs-134 y Nb-94 entre otros.

#### Espectro General-Paramentos

Los isótopos predominantes son el Fe-55 (45%), H-3 (22%), Pu-241 (17%), C-14 (9%) y Ni-63 (3%) que junto con el Co-60, Sr-90, Cs-137 constituyen el 99%. El isótopo beta-gamma predominante es el Co-60 (1%) y son de escasa significación el Am-241, U-234/5/8, Pu-238/239, Cs-134 y Nb-94 entre otros.

#### **b) Origen Piscinas-BCI (fluidos líquidos combustible irradiado)**

Pertencen a este espectro las:

- Funciones en contacto con fluidos relacionados con el almacenamiento

del combustible irradiado y ventilaciones asociadas.

#### Espectro Piscinas-Sistemas

El isótopo predominante es el Pu-241 (56%), que junto con el H-3, C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, Tc-99, Cs-137, Eu-154/155, U-234/235/238, Pu-238/239 y Am-241, alcanzan el 99%. El isótopo beta-gamma dominante es el Eu-154 (3,11%) y son de escasa significación el Cs-134, U-234/235/238, Mn-54, Nb-94, Ru-106 y Sb-125 entre otros.

#### Espectro Piscinas-Paramentos

Los isótopos predominantes son el Cs-137 (26%), Sr-90 (19%), Fe-55 (15%), Pu-241 (14%), Tc-99 (8%), C-14 (4%) y H-3 (4%) que junto con el Co-60, Ni-63, Eu-154/155, U-234/235/238, Pu-238/239 y Am-241, alcanzan el 99%. El isótopo beta-gamma dominante es el Cs-137 y son de escasa significación el Co-60, Ru-106, Sb-125, Cs-134, U-234/5/8, Mn-54 y Nb-94 entre otros.

#### **c) Origen Efluentes Líquidos (fluidos líquidos)**

Pertencen a este espectro las:

- Funciones en contacto con fluidos líquidos de sistemas de tratamiento y evacuación de efluentes.

#### Espectro Efluentes-Sistemas

En este caso el isótopo predominante es el Cs-137 (31%), que junto con el H-3, C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, Tc-99, I-129, Ce-144, Eu-154, U-234/235/238, Pu-238/239/241 y Am-241, alcanzan aproximadamente el 99%. El isótopo beta-gamma dominante es el Cs-137 (31,3%) y son de escasa significación el Cs-134, U-235/238, Cm-242/244 y Nb-94 entre otros.

#### Espectro Efluentes-Paramentos

En este caso el isótopo predominante es el Cs-137 (30%), que junto con los siguientes: Fe-55 (22%), Tc-99 (12%),

I-129 (10%), H-3 (5%), C-14 (4%), Ni-63 (2%), Sr-90 (3,5%), U-234/235/238, Pu-238/239/241 y Am-241, alcanzan aproximadamente el 99%. El isótopo beta-gamma dominante es el Cs-137 (30%) y son de escasa significación el Co-60, Ce-144, Sb-125, Cs-134, U-235/238, Cm-242/244 y Nb-94 entre otros.

**d) Origen Grafito**

Pertencen a este espectro los:

- Sistemas, equipos e instalaciones relacionadas con el tratamiento de las camisas de grafito proveniente de los silos.

Estos espectros están enfocados a la gestión de materiales provenientes de todos los sistemas, equipos y funciones, así como los recintos que los contuvieron con objeto de gestionar materiales de las corrientes de escombros y hormigones.

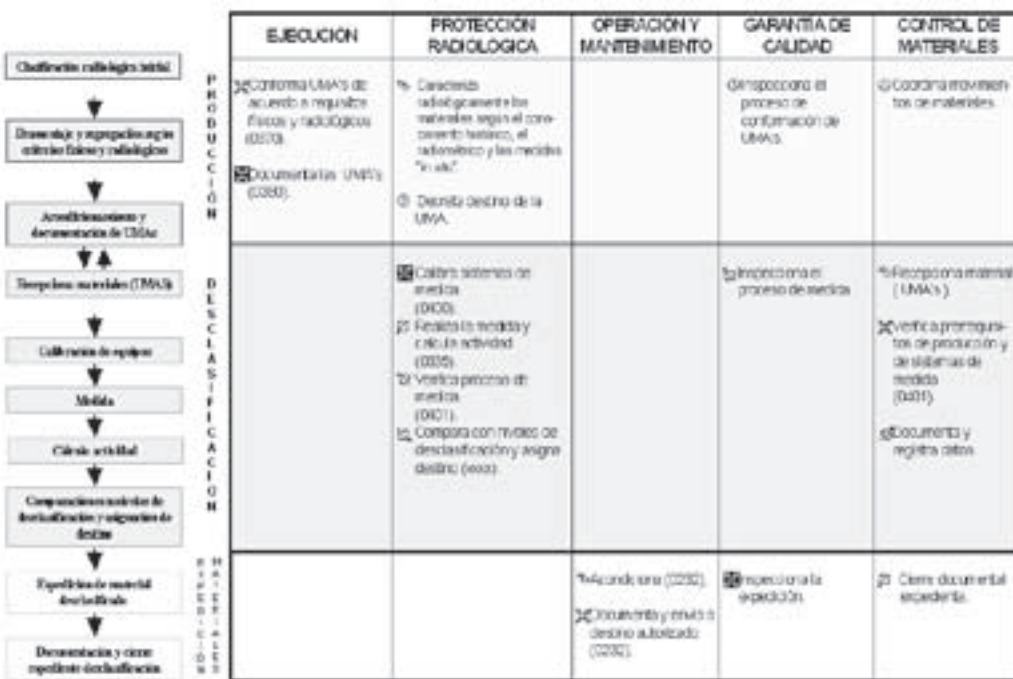
Espectro ATC

En este caso los isótopos predominantes son el H-3 (38%), Ni-63 (25%), Co-60 (17%) y C-14 (6%) que junto con el Pu-241 alcanzan el 99%. El isótopo beta-gamma más representati-

**ACTIVIDADES RADIOLÓGICAS EN EL PROCESO**

Dentro de la organización general de la Instalación existen varias áreas funcionales que son las que se indican a continuación:

| Área Funcional   | Dependencia   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación y Control de Materiales</li> <li>• Ejecución</li> <li>• Descontaminación</li> </ul> | Dirección Técnica<br>Servicio Ejecución<br>Servicio Operación / |
| Mantenimiento.   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de Residuos Radiactivos</li> </ul>  | Servicio Operación / Mantenimiento.                             |



Se indica para cada una de las fases las áreas de actuación de los diferentes servicios de la Organización y las actividades que recaen dentro de su responsabilidad.

vo es el Co-60 y son de escasa significación el Eu-154 y Ni-59.

**Funciones y Responsabilidades de PR**

En particular, las funciones y responsabilidades de PR son las siguientes:

- Realización de las determinaciones radiológicas del proceso y las complementarias al mismo
- Realización de las pruebas periódicas de los equipos y sistemas de su responsabilidad.

- Control de Calidad del proceso de medida.
- Actualización / Edición de Fichas de UMA's y su envío al área de Clasificación y Control.
- Elaboración de los documentos de su responsabilidad previstos en el Plan y en sus procedimientos.
- Emitir las certificaciones finales.

**Operativa Radiológica**

**a) Pre-Requisitos**

Todos los materiales candidatos a ser desclasificados deben tener definidos los aspectos siguientes:

#### Radiológicos

- Clasificación radiológica de la zona de procedencia
- Contenido Radiológico: niveles de irradiación, contaminación y espectro asociado
- Niveles de desclasificación aplicables
- Técnicas de medida para clasificación "in situ" y para desclasificación
- Procedimientos de medida de las diferentes técnicas utilizadas

#### Físicos

- Corrientes de materiales en función de:
  - la naturaleza y geometría del material,
  - de los métodos de descontaminación usados (si procede), y
  - de las técnicas de medida
- Acondicionamiento de los materiales en función del tipo de Unidad de Desclasificación:
  - UMA's constituidas por materiales segregables (CMD, Bidones y Big-Bag),
  - UMA's constituidas por materiales no segregables (paramentos de edificios, grandes equipos y terrenos)
  - Tamaño de los depósitos transitorios.

### b) Criterios de Producción Radiológicos

#### Clasificación Radiológica

- Niveles de contaminación superficial  $\alpha$  y  $\beta/\gamma$  y de tasa de dosis en contacto (para elementos móviles) o a 1 m (para elementos fijos). En la Tabla 4 se indican los valores empleados para clasificar los

| DETERMINACIÓN                               | NIVEL | Valor (Unidad)         |
|---|-------|------------------------|
| Tasa dosis contacto (elem. móviles)         | NR0   | 10 mSv/h               |
| Tasa de dosis a 1 m (paramentos)            | NR1   | 1 mSv/h                |
| Contaminación superficial beta/gamma global | NB2   | 100 Bq/cm <sup>2</sup> |
| Contaminación superficial alfa global       | NA2   | 0,5 Bq/cm <sup>2</sup> |
| Contaminación superficial beta/gamma global | NB1   | 10 Bq/cm <sup>2</sup>  |
| Contaminación superficial alfa global       | NA1   | 0,1 Bq/cm <sup>2</sup> |

**Tabla 4:** Niveles de acción para la clasificación radiológica en las UIR.

materiales en las UIR's.

- Función y espectro asociado:
  - Radiológica (contaminación interna y externa)
  - No radiológica (contaminación externa)

#### Segregación

- Radiológica
  - En la Tabla 5 se indican las posibles corrientes en función de los Niveles de tasa de dosis y de contaminación superficial.
- Física
  - Además de las características radiológicas de los materiales, hay otras tales como la naturaleza, geometría, disposición y movilidad que determinan la segregación de los mismos en función de la técnica de medida a utilizar.
- Naturaleza del material y geometría
  - Material: 1) Chatarra metálica, 2) Otros metales, 3) Aislamientos, 4) PVC, 5) Hormigón, 6) Terrenos, 7) Aceites, etc.
  - Tipo de superficie: 1) Rugosa, 2) Lisa, 3) Pintada, y 4) Otras

- Geometría:
  - Materiales libres
    - Accesibilidad de la contaminación
    - Paramentos de edificios y áreas exteriores
    - Penetración de la contaminación
  - Acondicionamiento de Unidades de Desclasificación
    - CMD
    - Materiales desclasificables por naturaleza del material y geometría, espectro y función y técnica de medida.
    - Materiales descontaminables por naturaleza del material y geometría, espectro y función.
      - Bidones de 220 l
      - Materiales desclasificables (escarificado de hormigón, etc.) por tipo de material, espectro y técnica de medida.
        - Big-Bag
        - Materiales desclasificables de baja densidad por tipo de material y espectro.
          - Paquetes de transporte
          - Materiales desclasificables por naturaleza del material y geometría, espectro y función y técnica de medida.
            - Zona/UI/Edificio/Áreas Exteriores

| DETERMINACIÓN                               | NIVEL        | CORRIENTE                               |
|---|--------------|---|
| Tasa dosis contacto (elem. móviles)         | >NR0         | RESIDUO RADIATIVO (RR)                  |
| Tasa de dosis a 1 m (paramentos)            | >NR1         |   |
| Contaminación superficial beta/gamma global | >NB2         | POTENCIALMENTE<br>DESCLASIFICABLE (PDC) |
| Contaminación superficial alfa global       | >NA2         |   |
| Contaminación superficial beta/gamma global | <NB1         |   |
| Contaminación superficial alfa global       | <NA1         |   |
| Contaminación superficial beta/gamma global | >NB1 y < NB2 |   |

**Tabla 5:** Criterios de segregación radiológica- Corrientes de materiales.





Foto 1: Equipo Industrial BOX-COUNTER.



Foto 2: CMD en proceso de medida.

Parámetros desclasificables por naturaleza del material, geometría y espectro y técnica de medida

Parámetros descontaminables por naturaleza del material, geometría y espectro

## SISTEMAS DE MEDIDA

### Fundamentos

El proceso de medida de materiales para su desclasificación se fundamenta en tres aspectos:

1. El material a medir debe tener asignado un ISOTÓPICO-TIPO que permite:
  - El conocimiento de los Isótopos existentes en el material y su relación porcentual.
  - La estimación de eficiencias medias a utilizar en los equipos.
  - La estimación de actividades de Isótopos no medibles a partir de los medibles por medio de factores de escala.
2. La metodología debe:
  - Asegurar con un nivel de confianza (95%) que no se superan los niveles de desclasificación.
  - Establecer las condiciones de medida para que tengan en cuenta los

niveles de confianza predeterminados y las incertidumbres asociadas a la medida.

3. De los tiempos de medida del fondo y de medida para la desclasificación debe obtenerse un valor operativo de decisión que tenga en cuenta el valor de desclasificación con un nivel de confianza del 95% y los errores tipo 1 y 2, la eficiencia del equipo y el fondo máximo admisible.

Se pueden clasificar los sistemas de medida en dos grandes grupos:

1. Sistemas espectrométricos: Para equipos de medida con obtención de espectros de radionucleidos. Con los espectros obtenidos se compara la suma de los resultados individuales con el nivel de desclasificación global o individualmente con los niveles de desclasificación individual, teniendo en cuenta en ambos casos las incertidumbres asociadas a cada isótopo. En el caso de Isótopos no medibles se utilizan factores de escala.
2. Sistemas no espectrométricos: Propios de equipos que no tienen capacidad espectrométrica (sondas de gas, de centelleo,...). Se calcula por cada Isotópico-Tipo un valor derivado

global que considere los isótopos no medibles y la eficiencia media correspondiente. Para los equipos con medida  $\alpha$  y  $\beta$  se elige la forma de medición más eficaz o se utiliza el nivel más restrictivo de los niveles aplicables.

### Equipos de Medida

Para cada equipo de instrumentación se realiza un informe técnico con ensayos y/o medidas (reales y/o simuladas con fuente) con valores de actividad del orden de desclasificación que asegure la no superación de los niveles de desclasificación establecidos con un nivel de confianza del 95% y en el que se justifiquen los 3 aspectos anteriores.

Los equipos utilizados en CNV-1 son:

#### a) Espectrómetro gamma BOX-COUNTER (CANBERRA)

Equipo de medida de actividad por espectrometría gamma, destinado a la desclasificación de chatarras metálicas, escombros de hormigón, aislamientos, etc.. Está formado por 4 detectores de Ge intrínseco de eficiencia relativa 20%, resolución de 1,8 keV y dotado de una plataforma móvil para la situación de los contenedores.

Dispone de un ordenador de control con un software específico que permite



Foto 3: Equipo ISOCS.



Foto 4: Medida de parámetros.

el movimiento de la plataforma, la gestión de datos de la medida modular de contenedores y/o bidones de dimensiones máximas, recibe, analiza y registra los 12 espectros segmentados y el global medidos, calcula las actividades de acuerdo a los parámetros y datos de la medida. La Actividad Mínima Detectable (AMD) es de 0,1 Bq/g.

#### b) Espectrómetro gamma portátil ISOCS (CANBERRA)

El ISOCS es un sistema de medida de objetos y superficies in situ por espectroscopía gamma, con un detector coaxial de Ge caracterizado por CANBERRA mediante el código de modelización de Montecarlo, MCPN. Este método determina el perfil de respuesta a la radiación del detector para un radio de 50 metros a su alrededor y en un rango de energías de 50 keV a 7 MeV.

El Software del ISOCS y del programa de adquisición y análisis gamma GENIE-2000 permite crear una curva de calibración en eficiencia para cada una de las nueve plantillas de distintas geometrías, en función de la muestra. Mediante la aplicación informática se lleva a cabo la adquisición y visuali-

zación del espectro de radiación de la muestra así como su tratamiento matemático posterior, mediante los algoritmos y parámetros preseleccionados para su interpretación y análisis. La AMD llega a 0,1 Bq/g (función del material y geometría).

#### c) Medidores de contaminación superficial portátiles

Se utilizan en la desclasificación de materiales de superficies planas y accesibles. La sonda es sensible a la radiación alfa y beta/gamma. Llegan a medir 0,3 Bq/cm<sup>2</sup>.

#### d) Medidor gamma total MAB (FMP 0645)

Verifica la contaminación de chatarras metálicas, por actividad gamma total. Posee una cámara de medida cúbica de 55cm. de lado con 6 detectores (4 NaI y 2 de líquido de centelleo) situados en las caras laterales y en la parte superior e inferior. El conjunto está blindado con planchas de plomo de 5 cm. Permite la medida de piezas de 2 a 40 kg. El valor de tarado es normalmente de 370 Bq que equivale a 0,2 Bq/g para 2 kg.

#### e) Medidor espectrométrico MR20

#### (CIEMAT-enresa)

El equipo de caracterización es un sistema concebido para la inspección y clasificación espectrométrica de muestras de materiales procedentes del desmantelamiento de CN-V1. Está diseñado para ser integrado dentro de un proceso global de desmantelamiento, en el cual se requiera realizar un gran número de medidas, previas al proceso industrial de control para desclasificación, sobre muestras representativas de material susceptible de ser desclasificado. La actividad de las muestras a medir será del mismo orden de magnitud que la correspondiente a los niveles de actividad másica exigidos para la desclasificación. Esta estación suministra información sobre los isótopos gamma presentes. También da información de las proporciones relativas de los isótopos <sup>137</sup>Cs y <sup>60</sup>Co en los espectros medidos.

Las muestras son colocadas en el recinto de medida a través de la puerta central del blindaje que se abre manualmente para acceder al mismo. Con la puerta abierta, la muestra se dispone centrada sobre una bandeja que se desplaza hacia el exterior mediante carriles. Los requerimientos



Foto 5: CMD con tuberías.

físicos de las muestras que pueden ser medidas son las siguientes:

- Toda muestra introducida en la estación debe estar convenientemente protegida para evitar la posible contaminación del equipo. Por ello se deben introducir las muestras en

bolsas de plástico herméticas antes de depositarlas en la bandeja.

- Las dimensiones de la muestra no deben sobrepasar en lo posible los 15x15x15 cm. En caso necesario pueden ser de mayor volumen.
- El rango recomendado de peso de las muestras es de 200g – 20 kg.
- Por ser un sistema extremadamente sensible, se recomienda no realizar medidas sobre piezas cuya actividad total sea superior a  $4 \cdot 10^5$  Bq.

La instrumentación del equipo ha sido diseñada como un sistema modular compuesto de tres partes diferenciadas:

- blindaje.
- módulo de electrónica.
- ordenador de control.

### Cálculo y Medida

#### A) BOX COUNTER

Se establecen tres geometrías de medida: CMD (contenedor), BIDÓN de 220 l y bolsa BIG-BAG. Se aplica a materiales con densidades de 0,01, 1 y 2 g/cm<sup>3</sup>. Las medidas son segmentadas, es decir el contenedor CMD se sitúa en tres posiciones (2 laterales y una central), en cada una de ellas se efectúan 4 medidas en un mismo tiempo (2 detectores por lado) en total se realizan 12

medidas (6 por cara). Se hace un análisis espectrométrico de cada segmento y del espectro suma, obteniéndose una actividad másica a partir de la cual se aplica el cálculo.

Los cálculos a realizar consisten en obtener los valores de actividad de los isótopos no medibles a partir de factores de escala, y comparar éstos y los valores de los medibles obtenidos por el software GENIE-2000, con los Valores de Desclasificación que apliquen. El objetivo es asegurar que se cumple para cada isótopo con un nivel de confianza del 95% sobre la medida dichos niveles. El proceso de cálculo es el siguiente:

1. Sumar a la actividad del isótopo ; medido la estimación de su incertidumbre.

$$A_i^{medible} = A_{medida} + \Delta A_i$$

$A_i^{medible}$  : Actividad isótopo ; medible

$A_{medida}$  : Resultado actividad medida del isótopo  $f_{i,medida}$

$\Delta A_i$ : Incertidumbre estimada isótopo ; con 95% confianza.

2. Calcular la actividad de los isótopos no medibles mediante el uso del factor de correlación para el isotópico tipo asignado al material.

$$A_i^{no\ medible} = f_{ij} + A_{i,medida} \quad A_i^{no\ medible}$$

: Actividad isótopo ; no medible.

$f_{ij}$ : Factor de escala (incluida incertidumbre+decaimiento) del isotópico tipo con respecto al isótopo llave

$$\sum_j \left[ \frac{A_j^{medible}}{M \cdot N_j} \right] + \sum_j \left[ \frac{A_j^{no\ medible}}{M \cdot N_j} \right] \leq 1$$



Foto 6: Equipo MAB.

$A_{j, medida}$ : Actividad medida del isótopo  $j$  usado como isótopo llave, o en su defecto el valor del AMD correspondiente.

Para la verificación del cumplimiento

$$\sum_j \left[ \frac{A_{j,medible}}{M \cdot N_j} \cdot K_{msz} \right] + \sum_j \left[ \frac{A_{j,no\ medible}}{M \cdot N_j} \cdot K_{msz} \right] \leq 1$$

de actividad másicaE se aplica la fórmula 1:

M: Masa del material potencialmente desclasificable.

$N_j$ : Valor de desclasificación másica individual.

Para la verificación del cumplimiento de la actividad superficial, se aplica la fórmula 2:

$K_{m/s}$ : factor de forma masa-superficie

M: Masa del material potencialmente desclasificable.

$N_j$ : Valor de desclasificación superficial individual.

El material se considera desclasificado cuando se cumplen las dos fórmulas (1 y 2) y se verifica el criterio de aceptación que es que su sumatorio sea  $\leq 1$  para los diferentes niveles de desclasificación.

## B) ISOCS

Se genera un fichero de calibración en eficiencia introduciendo los parámetros físicos de dimensiones, composición, peso y densidad del objeto a medir, así como las dimensiones de la configuración geométrica muestra-detector en la plantilla de geometría correspondiente a la muestra.

La medida de CMD, al ser un solo detector se coloca el equipo a la misma distancia y altura que los detecto-

res del BOX-COUNTER, se efectúan 12 medidas que coinciden con las posiciones y segmentos descritos anteriormente. La medida del espectro global se obtiene de la suma de los 12 espectros. En la medida de Bidón 220 l y BIG-BAG se obtienen 4 medidas individuales correspondientes a las 4 posiciones y una medida global.

## C) SONDAS PORTATILES

Las técnicas de medida utilizadas son: 1) la de barrido que sirve para la detección de zonas con niveles por encima del fondo y, 2) la estática para determinaciones precisas de contaminación superficial. La respuesta debe compararse con el nivel derivado de desclasificación para decidir si el área medida está desclasificada o no. Para el cálculo del nivel derivado para el material a desclasificar se consideran dos casos:

### 1- Caso de no tener un Isotópico-Tipo:

Para un nivel de desclasificación incondicional N1: Obtener la eficiencia del equipo en base a varios radionucleidos y calcular el nivel de desclasificación inicial para N1. Deben de fijarse el fondo máximo admisible y tiempo de medida que aseguren dicho valor. Obtener el valor neto teórico (teniendo cuenta los errores tipo1 y tipo2) a introducir en el equipo para comparar con los valores de medida. Si éstos son superiores, el material no se desclasifica incondicionalmente.

2- Si se dispone del Isotópico-Tipo, éste estará formado por radionucleidos emisores Beta/gamma detectables, Beta puros detectables, Beta débiles no detectables y emisores alfa. Calcular una eficiencia media ponderada a partir de los radionucleidos beta/gamma y beta puros detectables del Isotópico-Tipo. Los

$$L_{equipo} = \frac{L}{1 + \frac{\sum_j X_j \text{ no medibles}}{\sum_j X_j \text{ medibles}}}$$

valores de los no detectables y emisores alfa se obtendrán por factores de correlación respecto de los detectables. El valor operativo tiene en cuenta el Isotópico-Tipo del material a desclasificar y los niveles de desclasificación individuales incluyendo los no medibles.

L: Nivel de Desclasificación global aplicable o calculado en base a niveles de desclasificación individuales.

$L_{equipo}$ : Valor derivado a aplicar al equipo.

$\sum X_j$  no medible: Sumatorio de las fracciones de los isótopos "j" correspondientes al Isotópico Tipo dado que resultan no medibles por la instrumentación.

$\sum X_j$  medible: Sumatorio de las fracciones de los isótopos "i" correspondientes al Isotópico-Tipo dado que resultan medibles por la instrumentación.

Establecido el valor  $L_{equipo}$  deben fijarse: Los valores y condiciones de medida operativos (fondo máximo) que garanticen un límite inferior de detección de acuerdo a un nivel confianza preestablecido y un valor neto de comparación (valor operativo) que incluya los errores tipo 1 y tipo 2 y el nivel de incertidumbre de la medida neta para un nivel de confianza de del 95%..

Criterio de medida: Para un Isotópico-Tipo, suponer una actividad total de  $X$  Bq/cm<sup>2</sup>, y con los factores de correlación calcular la actividad individual de cada radionucleido. Sumar por una parte todos los medibles (M) y comparar con el valor N1(0,4 Bq/cm<sup>2</sup>) y por otra todos los no medibles



(NM). Por último se comparan todos los emisores alfa (A).

A los no medibles (NM)

$$(\text{valor NM}) \cdot \frac{NM}{M} < 4$$

A los emisores alfa (A)

$$(\text{valor NM}) \cdot \frac{A}{M} < 0,04$$

Si se cumplen los límites de No Medibles y Alfas quiere decir que para ese Isotópico-Tipo con medir solo los Medibles y comparar con su límite sería suficiente.

#### D) MAB (FMP0645)

Se establece un valor de nivel de alarma (nivel operativo de desclasificación) que tenga en cuenta el Nivel de Desclasificación y el Isotópico-Tipo a aplicar al material a desclasificar. Identificar los Isótopos medibles por el equipo. Calcular la Eficiencia Global del Isotópico-Tipo considerando las fracciones de los isotopos medibles respecto de la actividad total y estimar la eficiencia de cada isotopeo por medio de la Gráfica de Curva de Eficiencia Normalizada y referirla a la eficiencia de referencia (Co-60). En el cálculo del Nivel Operativo de Desclasificación se pueden dar dos casos:

- 1- En el caso de existir varios valores que deben cumplirse para un mismo nivel de desclasificación (3 en el caso la desclasificación incondicional), analizar los tres (alfa, beta/gamma y beta débiles) y escoger como Nivel Operativo de desclasificación el más restrictivo para cada Isotópico-Tipo.
- 2- Si se aplican Niveles de Desclasificación individuales por Isótopo, debe calcularse un valor derivado para el Isotópico-Tipo asociado al material a desclasificar.

$$L_{\text{derivado}} = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{\chi_i}{L_i} \right]$$

Donde:

$L_{\text{derivado}}$ : Valor derivado para comparar con los resultados de medición.

$\chi_i$ : Fracción en tanto por uno del isótopo i respecto de la actividad total del Isotópico -Tipo incluida la incertidumbre asociada

$L_i$ : Valor individual de desclasificación respecto al isótopo i.

Se deberá realizar una estimación para cada nivel de desclasificación posible y cada Isotópico-Tipo. Para estimar el valor derivado operativo que tenga en consideración los no medibles se aplicará la fórmula del apartado C. Siendo:

$L_{\text{equipo}} = L_{\text{FMP}}$ : El Nivel Operativo de Desclasificación es decir el valor límite de desclasificación para el Isotópico-Tipo elegido.

$\sum \chi_j$  (medibles): Suma de las fracciones  $\chi_j$  (incluidas las incertidumbres asociadas) de los isótopos medibles por el equipo para el Isotópico-Tipo elegido.

$L$  = Nivel de Desclasificación que se trata de aplicar ( $L_{\text{global}}$  o  $L_{\text{derivado}}$ ).

$\sum \chi_j$  (no medibles): Suma de las fracciones  $\chi_j$  de isótopos no medibles por el equipo para el Isotópico -Tipo elegido.

### Verificación y Calibración de Equipos

#### A) VERIFICACIÓN

Se realizan verificaciones diarias de fondo y con fuente para cada uno de los detectores. En el BOX e ISOCS se efectúa por medio del software del ordenador de control a partir de un programa específico. Los resultados obtenidos se almacenan para efectuar un histórico de seguimiento y asegurar que no se superan los valores de inves-

tigación ( $2\sigma$ ) o acción ( $3\sigma$ ). Las fuentes utilizadas en el BOX son de Co-60 y Ba-133 y en el ISOCS se añade una de Cs-137 y con ellas se comprueba: Situación del centroide a 81 keV y 1332 keV, el valor de la resolución y la actividad de las fuentes. En el MAB (FMP0645) se realiza con fuente de Co-60 situada en distintas posiciones mientras que en las sondas portátiles se hace con Sr-90 y Am-241.

#### B) CALIBRACIÓN

Para equipos con capacidad espectrométrica (BOX e ISOCS) se realiza una calibración en energías para cada uno de los detectores y en el caso del BOX, para el conjunto de los 4. El proceso consiste en ajustar las tres curvas que intervienen, energía/canal, FWHM/energía y forma pico/energía. La calibración en eficiencia para el BOX se efectúa por medio de un modelo matemático. Se establecen curvas de eficiencia en función de energías específicas, del tipo de geometría, densidad del material, posición del detector respecto del bulto y la suma del efecto de los 4 detectores en su conjunto y respecto a todas las posiciones de medidas.

Para la geometría CMD el conjunto de las medidas segmentadas serían necesarias 36 curvas de eficiencia (reducidas a 9 por simetría) que sumadas a las tres de los espectros suma serán las curvas completas de eficiencia para la geometría de CMD y las plantillas a utilizar. Para BIDÓN y BIG-BAG se generan 20 curvas de eficiencias reducidas a 8 por simetría. La calibración en eficiencias para el ISOCS se realiza mediante un modelo matemático que crea una curva de calibración para cada medida, en función de la plantilla aplicada según la geometría del objeto a medir.

En el caso de las sondas portátiles se utilizan fuentes calibradas ( Co-60, Cs-137, Sr-90 y C-14) y se calcula la eficiencia ponderada para cada Isotópico-Tipo a partir de la cual se calcula el valor operativo de desclasificación a aplicar. En el medidor gamma total MAB (FMP0645), la calibración se basa en verificar la curva de calibración en energías validada y referida al Co-60 así como su eficiencia. En el equipo MR-20 para llevar a cabo una calibración es necesario que al menos una adquisición de fondo se haya tomado desde que se instaló el programa, en caso contrario aparecerá una ventana informando sobre este hecho. Para hacer la calibración es necesario que la bandeja del sistema no tenga ningún objeto y poner en el interior del equipo las fuentes de  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{60}\text{Co}$  centradas en el recinto de medida, una encima de la otra, situando la de  $^{133}\text{Ba}$  directamente sobre la bandeja, sobre ella la de  $^{137}\text{Cs}$  y finalmente sobre ésta la de  $^{60}\text{Co}$ .

## LICENCIAMIENTO GLOBAL DEL PROCESO

Sin tener en cuenta el proceso de licenciamiento del proyecto global, un aspecto diferencial con respecto a otras instalaciones en operación ha sido el licenciamiento específico del proceso de Desclasificación de materiales. Este proceso ha constado de las etapas generales a las cuales está sometido todo proyecto por el Organismo Regulador y a alguna otra específica. Estas fases o etapas se pueden dividir en:

### a) Documentación

En este apartado se ha desarrollado la documentación correspondiente y que queda reflejada en el documento "Plan y Control de Materiales Desclasifi-

ficados". Este documento se complementa con procedimientos que abarcan diferentes áreas del proceso:

- Generales de Organización y gestión
- Producción de UMAs. Prerrequisitos y criterios
- Control de calidad de la producción de UMAs
- Control de calidad de los sistemas de medida de desclasificación
- Realización de medidas de desclasificación
- Cálculo de actividad a partir de los resultados de las medidas
- Comparación de las actividades calculadas con los Niveles de Desclasificación
- Asignación de destino, expedición y documentación.

### b) Equipos

Todos los equipos y por tanto los sistemas de medida han tenido que superar unas pruebas oficiales ante el Organismo Regulador para demostrar -entre otros- aspectos relacionados con: 1) Verificación y calibración, 2) Medidas de actividad reales próximas o inferiores a los niveles de desclasificación, 3) Cálculo y comparación de actividades, y 4) Documentación y registros.

### c) Prueba Global

Un vez probados satisfactoriamente los equipos, el Organismo Regulador exigió que se realizase un Plan de Pruebas Global del proceso con UMA's reales. Este Plan tenía como alcance todo tipo de material procedente del Desmantelamiento de Partes Activas de la CNV-1 clasificado inicialmente como Desclasificable. Contemplaba en su aplicación la combinación de:

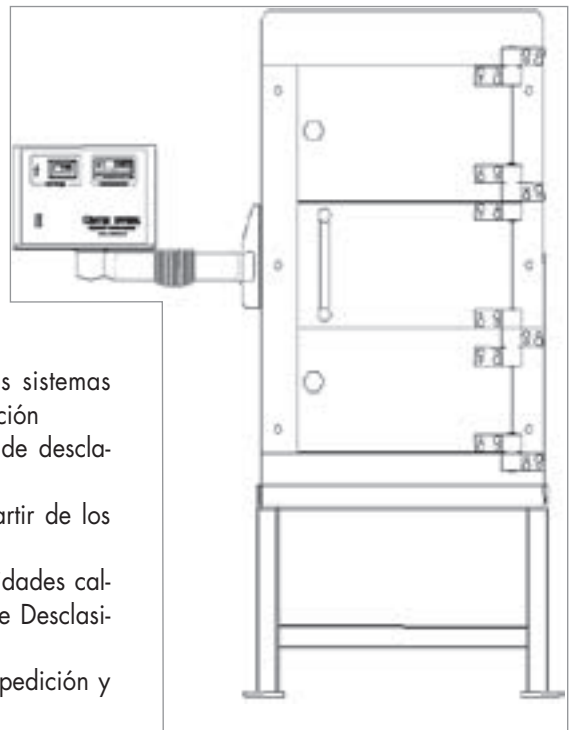


figura 1: Vista frontal equipo MR-20.

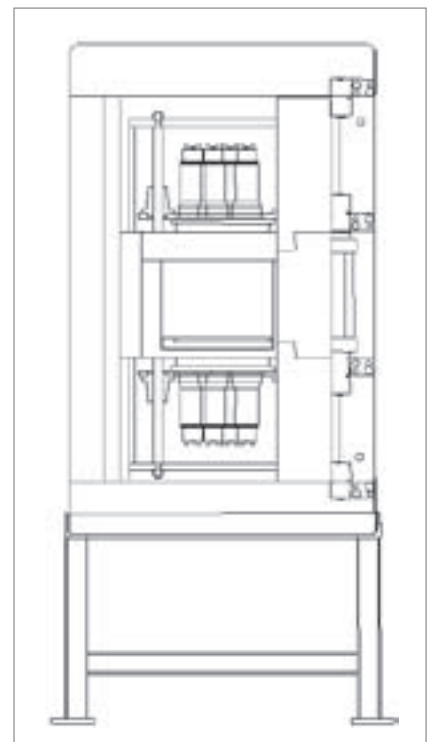


figura 2: Vista frontal equipo MR-20, con las puertas abiertas.

(pasa a la página 48)

### DOCUMENTOS SEPR

Reproducimos a continuación la traducción del original en inglés de la conferencia que pronunció D. Aníbal Martín, Vicepresidente del Consejo de Seguridad Nuclear en la apertura del Congreso Internacional ALARA 2001, "Excelencia en la reducción de la dosis ocupacional en el nuevo milenio: Primer congreso internacional ALARA en el Siglo XXI", celebrado en Anaheim (California) del 5 al 7 de febrero de 2001

# Retos de Protección Radiológica en la gestión de las CC.NN. en los inicios del siglo XXI

Permítanme en primer lugar expresar mi gratitud y reconocimiento al Presidente del Comité de Eméritos de la Sociedad de Protección Radiológica de los Estados Unidos por haberme distinguido para pronunciar la conferencia en memoria del Dr.G.W. Morgan en esta ocasión. Representa para mi un gran honor y responsabilidad estar aquí bajo esta designación.

Quisiera saludarles a todos y decirles que es un placer estar con ustedes en la jornada de apertura de este primer congreso internacional ALARA de siglo XXI sobre la "Excelencia en la Reducción de la Dosis Ocupacional en el nuevo Milenio". Organizado por el Centro Técnico Norteamericano del IAEA y patrocinado por la NEA y el OIEA, este congreso reúne la mejor herencia mundial para alentar el progreso científico y tecnológico y promover los contactos entre gestores y expertos de protección radiológica en el campo de las centrales nucleares.

Como miembro del Consejo de Seguridad Nuclear, la autoridad reguladora de España, deseo transmitirles el saludo de nuestra organización. Mi intención es hoy compartir con ustedes algunas ideas sobre las tendencias

y desarrollos actuales que afectan a la regulación nuclear y radiológica respecto a la reducción de la dosis ocupacional.

### **UN ESCENARIO CAMBIANTE Y RETADOR**

En primer lugar, la actividad nuclear está constantemente evolucionando, aunque su desarrollo ha alcanzado un estado de madurez, y esta dinámica está modificando continuamente el perfil de los desafíos a medio y largo plazo. Temas tales como la gestión de los residuos, el desmantelamiento de las instalaciones, el envejecimiento y la gestión de vida, la renovación y reestructuración de las plantillas y el mantenimiento de las capacidades tecnológicas están dando lugar a la formulación de preguntas que deben ser planteadas sistemática y suficientemente por adelantado. Por tanto, es de esperar que se emprendan nuevas iniciativas en forma de programas de investigación y desarrollo que posiblemente puedan ser más importantes que los actuales. Los métodos de trabajo deberán al menos igualar a los desafíos y hay una necesidad evidente de intensificar la colaboración multiins-

titucional y multinacional, con tal y de forma que cada organización tenga una idea clara de cuales son sus metas específicas.

Desde mi punto de vista hay hoy en día, independientemente de cuales sean las circunstancias, una tendencia internacional para incrementar la eficacia en el control regulador mediante un análisis sistemático de las estrategias, su formulación y su puesta en práctica. En el marco de la Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE, tengo que hacer referencia al Plan Estratégico de la Agencia recientemente aprobado por el Comité Director (Steering Committee 1999), y desde un punto de vista más concreto en la regulación, también quisiera referirme al documento "Retos Futuros de la Regulación Nuclear" formulado en 1998 por el Comité sobre Actividades de Regulación Nuclear.

Es altamente recomendable que se analicen las necesidades a corto y largo plazo, y que se establezcan estrategias para identificar sistemáticamente las soluciones. El actual Consejo de Seguridad Nuclear estableció su Plan de Orientación Estratégica en 1995 para formular la modernización

y actualización de las actividades reguladoras en España. Con toda seguridad ha sido una herramienta útil y en general sus metas han sido alcanzadas, tales como la puesta en práctica de una nueva política de licenciamiento, mejoras en la normativa, en los procedimientos de trabajo, en el proceso regulador y en los sistemas de información. El análisis a corto y medio plazo es hoy una práctica establecida tanto en la industria como en los organismos reguladores y también en las organizaciones internacionales, y ello requiere mejoras y ajustes periódicos. Puesto que la velocidad de cambio es alta se necesita por adelantado una respuesta efectiva y sistemática.

Recalcar esta idea en los EE.UU., en este país en el que la fijación sistemática de estrategias es un deber para cualquier empresa compleja, puede aparecer como algo obvio. Nuevamente, el tipo de desafíos que se prevén para los próximos 10-15 años requiere iniciativas altamente innovadoras, en las que los planes de investigación, desarrollo e innovación deben jugar un papel cada vez más relevante.

### **LA DESREGULACIÓN DEL MERCADO DE LA ELECTRICIDAD**

En España, la Ley sobre el Sector Eléctrico de 1997 abrió la competencia a las diferentes fuentes de generación de energía eléctrica entre las que la energía nuclear se encontraba sin ninguna diferencia del resto. La situación no es muy distinta que en otros lugares y está conduciendo a una profunda reestructuración en la forma de operar las centrales nucleares, en un esfuerzo para reducir costes y mejorar la eficacia, manteniendo la seguridad.

Yo creo firmemente que los nuevos retos también representan una oportunidad para mejorar la forma de trabajar, y que el nuevo sistema debería

dar lugar a una mayor madurez en la forma de conducir el negocio con una mejor calidad, creando una mejor situación en todos los aspectos. Las dos herramientas básicas que el operador tiene a su disposición para encarar estos desafíos son la innovación y altos estándares de calidad en la gestión. La optimización de gestión y la mejora tecnológica son las herramientas para reconciliar los aparentemente insalvables dilemas de mayor seguridad y reducción de costes. La seguridad nuclear y radiológica es una premisa inevitable de la actividad nuclear, y por tanto puede y debe ser mantenida y reforzada por el proceso de desregulación del mercado eléctrico, conjuntamente con todos aquellos parámetros económicos y técnicos requeridos para mejorar la posición competitiva dentro del nuevo marco regulador. Este nuevo marco más avanzado debería estimular el uso óptimo de los recursos empleados en la producción y, repito, la seguridad nuclear es una premisa inmutable de la producción.

Ya lo he mencionado, y merece la pena seguir insistiendo en la creciente importancia que creo tendrán en el futuro los programas de investigación y desarrollo, innovación y mejora tecnológicas, programas que se deben establecer de forma uniforme, metódica y sistemática.

Aunque la reciente experiencia operacional corrobora estas afirmaciones, los reguladores tienen que ser totalmente conscientes de los desafíos hacia la seguridad que origina el nuevo sistema de regulación del mercado eléctrico y deberían considerar si son necesarias nuevas respuestas reguladoras. La competencia también está causando que muchos explotadores nucleares soliciten una disminución en lo que creen es una carga reguladora innecesaria.

Yo tengo que destacar brevemente que la desregulación está forzando a un cambio en la forma de trabajar tanto desde el lado regulador como del operador y que es esencial identificar, entender y actuar sobre estos cambios.

El Organismo Internacional de Energía Atómica está siguiendo este proceso y también hago aquí una referencia especial a las contribuciones técnicas para las Reuniones de los Reguladores Superiores de los dos últimos años. Permítanme mencionar también el próximo informe sobre "Los Retos Reguladores originados por la competencia en los mercados de electricidad" del Comité sobre Actividades Reguladoras Nucleares de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE. Recomiendo una lectura cuidadosa del documento tanto a los explotadores como a los reguladores.

### **CALIDAD Y GESTIÓN**

Me referiré ahora a la demanda de una mayor calidad en la gestión operacional. La experiencia demuestra que un alto nivel de seguridad es un atributo de la excelencia en la gestión. La seguridad no es por tanto un objetivo que entra en conflicto con los resultados económicos o técnicos de la operación. Además, la seguridad no se alcanza persiguiéndola como un objetivo aislado, sino como resultado de una serie de acciones correctoras que aporta la gestión. Es un hecho conocido que hay una cercana relación entre calidad de gestión y seguridad.

El concepto de Cultura de Seguridad se refiere a este aspecto. Se debe prestar más atención a este tema, en donde reside una buena parte de las posibles mejoras en seguridad; la desregulación del mercado eléctrico requiere que se desarrollen metodologías de calidad para utilizar de forma óptima los limitados recursos disponibles en función



de su impacto en la seguridad. Los explotadores se enfrentan a una situación en la que el margen de maniobra para operar con beneficios disminuye y por contra se incrementa la presión de una opinión pública cada vez más intolerante, no solamente con los accidentes sino con cualquier problema, lo que significa que el margen disponible para el fallo es cada vez más estrecho.

Para el operador, la solución es nuevamente mantener altos niveles de competencia técnica y hacer uso de técnicas mejoradas de gestión. Para el regulador, la tarea está en asegurar que el proceso de cambio no afecta negativamente a los niveles de cultura de seguridad o de seguridad en si misma, mientras se esfuerza en mejorar la eficacia reguladora.

Volviendo a la Cultura de Seguridad, el concepto se introdujo por primera vez en el Informe Resumen del INSAG sobre la Reunión de Revisión Post-Accidente del Accidente de Chernobil, publicado por el OIEA en 1986 como el Número 75-INSAG-1 de la Serie de Seguridad, y posteriormente ampliado en los Principios Básicos de Seguridad para Centrales Nucleares, Serie de Seguridad Nº 75-INSAG-3, de 1988.

Se ha avanzado mucho en entender su significado y sus aplicaciones para mejorar en todo el mundo la seguridad. Sin embargo todavía hay espacio suficiente para analizar aquellos factores relativos a los comportamientos individuales, de organización y de gestión que afectan a la seguridad nuclear. En la medida en que los impulsores de la Cultura de seguridad sean entendidos y determinados, será posible no solo tener mejores herramientas para mejorar la seguridad y la eficiencia, sino para medir y vigilar su impacto sobre el riesgo de la planta.

Las enormes existencias de conocimiento y las metodologías de gestión

científica pueden contribuir en gran medida a esta tarea. Es un punto sensible, la investigación y el desarrollo deberían fundamentarse en la cooperación, de forma tal que el regulador no desincentive al explotador o le releve de ninguna de sus responsabilidades. Para el regulador, los objetivos deben servir para identificar problemas, evaluarlos y asegurar que el operador desempeña su función.

Permítanme mencionar ahora algunos ejemplos específicos del esfuerzo de investigación que se está llevando a cabo hoy en día y en el que España está involucrada.

Dentro del marco de la NEA se ha formado un Grupo Especial de Expertos sobre Factores Humanos y de Organización. Este grupo ha iniciado su actividad para profundizar en el conocimiento del estado del arte de las ciencias de gestión y de los comportamientos aplicadas en organizaciones en las que la seguridad es un objetivo fundamental. Esta actividad pretende verificar si los enfoques de gestión usados en el campo nuclear hacen uso del mejor conocimiento y enfoques científicos disponibles para asegurar la seguridad.

Los programas de investigación, desarrollo y entrenamiento del EURATOM también reconocen la importancia del papel de la organización y de la gestión sobre la seguridad de las centrales nucleares. El 4º Programa Marco ya apoyó una actividad llamada ORFA (Factores de Organización) que buscaba identificar actividades de investigación en este área. El 5º Programa Marco incluye como tema de apoyo en el área de Organización y Gestión de la Seguridad "el desarrollo de métodos y herramientas para evaluar el papel del hombre, la organización y la gestión en el mantenimiento y mejora de la seguridad". Se han preparado va-

rias propuestas solicitando financiación pero no han tenido éxito debido a la complejidad del tema, aunque nuevas propuestas están ya sobre la mesa. Es de esperar que el 6º Programa Marco incluya el "desarrollo de las mejores prácticas para integrar la gestión de la seguridad en la operación global de las centrales nucleares".

En España, tras un proyecto inicial de investigación para revisar el estado del arte de actividades en relación con el impacto de la organización y de la gestión sobre la seguridad de las centrales nucleares, las Empresas Nucleares y CSN han iniciado un programa conjunto de investigación sobre este mismo tema de 5 años de duración.

El programa tiene cinco actividades principales: (1) La participación en el proyecto ORFA anteriormente mencionado, (2) La puesta en práctica de una herramienta preventiva para identificar potenciales degradaciones en la seguridad debido a las actividades de gestión (aquí se está utilizando el trabajo previo de la USNRC y la AECB de Canadá y ya se ha desarrollado una aplicación de piloto con resultados alentadores en una central nuclear española), (3) La puesta en práctica de una herramienta correctora para analizar la contribución de la organización y de la gestión en la causalidad de los sucesos acaecidos, (4) La puesta en práctica de herramientas para evaluar tal contribución durante recargas (aquí empezamos a partir del trabajo previo hecho en Francia por EDF y el IPSN), y (5) La introducción de factores de organización en los modelos de los Análisis Probabilísticos de Seguridad (En esta actividad participamos en el programa internacional de investigación coo- peradora (COOPRA) patrocinada por NRC). El programa ha sido apreciado de forma muy favorable por el hecho

de que ha conseguido la colaboración de las empresas, el organismo regulador y la organización de investigación en un tema tan sensible y complejo.

Al final de todo este proceso los explotadores dispondrán de herramientas mejoradas para sus esfuerzos de optimización y ayudarán a los reguladores para que puedan objetivar mejor los conceptos asociados con la cultura de seguridad y asegurar que se mantengan dentro de límites aceptables.

### **EL PROCESO REGULADOR**

El nuevo marco eléctrico también origina otros desafíos al sistema regulador. La regulación tiene que ser un proceso dinámico que interactúa con la evolución de su actividad regulada, un proceso vivo y dinámico en el que el análisis, las decisiones, la puesta en práctica, el compartir experiencias y la realimentación juegan un papel clave. La presión hacia la optimización afecta los diferentes enfoques potenciales del Proceso Regulador que tiene que ser contemplado con una visión de conjunto para asegurar siempre la eficacia global de regulación. El Consejo de Seguridad Nuclear enumera este aspecto en su Plan de Orientación Estratégica, y las actividades en curso conceden una atención creciente a la aplicación del conocimiento adquirido a través de los análisis probabilistas de seguridad, para que este conocimiento pueda empezar a ser usado en la mejora de la evaluación y en la propuesta de soluciones.

Los meses pasados han sido testigos en España de dos sucesos importantes relacionados con el nuevo marco regulador de las actividades eléctricas. Constituyen estos los procesos de gestión consolidada, que se iniciaron primeramente en las centrales nucleares de Ascó y Vandellós, y luego en las de Almaraz y Trillo. Desde una posición

de no de interferencia y respeto, el CSN está siguiendo y vigilando estos procesos para que la seguridad se fortifique y se actualice como resultado de la modernización estructural de estos consorcios.

Las acciones reguladoras se han relacionado con la garantía de un número mínimo de recursos humanos compatibles con el mantenimiento de la seguridad nuclear y la protección radiológica. Existe una presión hacia un mejor proceso regulador de la seguridad nuclear, pero también existe una buena base racional para la mejora. Se ha alcanzado un progreso notable desde el WASH-1400 de 1984 en el desarrollo de análisis probabilistas de riesgo de las centrales muy detallados.

La información desarrollada, conjuntamente con la rica experiencia operacional están permitiendo dar un gran paso hacia la racionalización, la así llamada regulación basada en el funcionamiento e informada por el riesgo. Al final se producirá una transformación del complejo conjunto de regulaciones, pero ya es posible observar hoy en día un progreso notable para mejorar el proceso regulador a través de decisiones reguladoras específicas y el US NRC Revised Reactor Oversight Process es probablemente el ejemplo más sobresaliente.

### **EL SISTEMA REGULADOR PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

Permítanme ahora concentrarme de forma más específica en el sistema regulador en protección radiológica.

Las últimas recomendaciones de ICRP proporcionan un nuevo marco conceptual y representan un paso importante hacia el desarrollo de un sistema completo de protección radiológica. Una gran parte de la Publicación 60 tiene que ver con el establecimiento de límites de dosis. Durante los años 80 se hi-

cieron reevaluaciones de las estimaciones del riesgo que demandaban una reducción en los límites de dosis. Sobre esta base, ICRP recomendó un límite de dosis para la exposición ocupacional sobre un promedio de 20 mSv/año. Es importante indicar que la reducción de los límites de dosis no se concibió como una herramienta para reducir las dosis en general; significa justamente que la línea fronteriza entre lo que es apenas tolerable y lo que es siempre inaceptable ha sido desplazada hacia valores más bajos. El mecanismo actual para mantener las dosis bajas es la optimización, dosis tan bajas como sea razonablemente alcanzable. La reducción de las dosis en general (muy por debajo de los límites de dosis) vino a consecuencia de las cifras del riesgo que expresaban este incremento de riesgo. Ello significaba que medidas que antes hubieran sido catalogadas como desproporcionadamente caras, ahora se convertían en alternativas razonables en la optimización.

Dentro de la industria nuclear el énfasis en el principio de optimización en estos últimos años y su implantación práctica, han conducido a una situación global en la que la adopción de los límites nuevos no debe implicar excesivas dificultades.

La Publicación 60 de ICRP también aclaró algunas otras materias. Una de ellas, la clara distinción entre prácticas, actividades que aumentan los riesgos o las exposiciones a las radiaciones, e intervenciones, otras actividades que pueden disminuir la exposición total, se hizo tratando de aclarar los diferentes principios que afectan a la toma de decisiones sobre el control de exposición. Para las prácticas, el sistema de protección se basa en la justificación, optimización y la limitación, mientras que el límite de dosis no tiene aplicación en las intervenciones, pero se to-

man acciones para reducir el nivel de exposición tanto como sea razonable.

De hecho, a través de los años, ICRP ha extendido su consejo más allá del núcleo central de la limitación de dosis para tratar con otras situaciones de exposición, como el radón y las fuentes naturales, la eliminación de los residuos sólidos o la protección del público en emergencias, para las que no aplican los límites de dosis. Las Recomendaciones también tratan las exposiciones potenciales de los accidentes, en contraste con esas otras exposiciones que con toda seguridad se van a recibir.

ICRP 60 ha traído la filosofía, y ahora está en sus últimas etapas para su aplicación a través de la normativa. Los Estados Miembros de la Unión Europea deberían haber incorporado antes del pasado mes de Mayo en las necesarias leyes, ordenamientos y normas administrativas, los preceptos de la Directiva del Consejo 96/29/Euratom, que revisa las normas básicas que acuerdo principalmente a ICRP-60.

Aunque este proceso está a punto de finalizar, queda todavía una tarea importante por emprender para implantar el sistema de forma total, y se tienen que contemplar en detalle muchos temas específicos. Como el proceso de optimización está ahora limitado por las restricciones de dosis a los individuos a niveles menores que los límites de dosis, se tienen que resolver los complejos temas implicados en el establecimiento de las restricciones de dosis. Aunque se han hecho progresos hacia el objetivo de establecer principios internacionalmente aceptados para los niveles de exención y desclasificación, todavía quedan algunos problemas por resolver. Las exposiciones a niveles importantes de fuentes naturales en el trabajo deberían ser consideradas como exposiciones ocu-

pacionales bajo algún tipo de criterio y se debería definir como se aplican los requerimientos de protección radiológica. Los principios fijados para la intervención también crean problemas prácticos que deben ser considerados en el futuro.

### **EL FUTURO: LA PROTECCIÓN DEL INDIVIDUO**

El Comité sobre Radiación y Salud Pública (CRPPH) de la NEA puntualizó en su documento de 1998, Opinión Colectiva, que los desarrollos tecnológicos y científicos que son de esperar en el futuro más cercano podrían tener una influencia profunda sobre los conceptos y la práctica de la protección radiológica ("Desarrollos en las Ciencias de Salud Radiológica y su Impacto sobre la Protección Radiológica"). En particular, identificó un número de líneas de investigación en las ciencias de salud radiológica, en concreto en biología molecular y epidemiología, que podrían afectar en el futuro a las bases científicas del sistema de protección radiológica y a su aplicación práctica.

El no probado modelo de respuesta lineal sin umbral, elegido por el criterio de precaución plausible, ha sido la base de nuestro sistema de protección contra la radiación durante más de 30 años. Durante la última década ha estado vigente la vieja y nunca acabada controversia, especialmente sobre la existencia o no de un umbral para la inocuidad de la exposición. A causa de la continua falta de evidencias científicas definitivas que probaran la existencia de un umbral de dosis que rompiera la consistencia del sistema actual, ICRP ha abierto una discusión para considerar en el futuro un marco de protección basado en el individuo que utiliza el concepto de la capacidad de controlar las fuentes. Sobre

la base de los comentarios y observaciones recibidas, la Comisión va a comenzar a desarrollar el esquema de las próximas Recomendaciones. Es de esperar que se presente a la nueva Comisión del 2001 un primer borrador de las nuevas recomendaciones mientras que una fecha tentativa objetivo para un conjunto de Recapitulado y Consolidado de Nuevas Recomendaciones podría estar en el año 2005.

Esta posible nueva tendencia refleja un cambio en los valores sociales y una disminución en el énfasis sobre la dosis colectiva y el análisis coste-beneficio. El nuevo esquema ha nacido, de acuerdo con su proponente (Prof. R. Clarke, director del NRPB del Reino Unido y presidente del ICRP), con la vocación de ser "una escala única más sencilla", "lógicamente consistente" y "complementaria, más que representar un cambio fundamental, al sistema de protección de la Comisión", y fundamentada en los riesgos aceptables. Las dosis se pueden explicar de forma más entendible a las personas como múltiples o fracciones del fondo natural, rompiendo el nexo con la linealidad, creando una perspectiva más equilibrada sobre la percepción que tiene el público del riesgo radiológico, algo distante de los hechos. Dentro de este enfoque, el principio de justificación de la Comisión y el principio de optimización necesitarían volver a definirse y se tendrían que desarrollar guías para su aplicación.

Más allá de cambios de denominación del principio de optimización y de avances en la elaboración de herramientas matemáticas para objetivar lo social y económicamente razonable, la evolución más profunda ha tenido lugar en su praxis y, en particular, dentro de las organizaciones de las centrales nucleares. Este principio se ha transformado en un desafío per-

sonal para trabajadores y gerentes, creando una jerarquía más racional en las decisiones, acercándose a la gestión eficaz y a la motivación de sus trabajadores. Dentro de este contexto, la dosis colectiva representa hoy en día un indicador de excelencia en la gestión y es el reflejo de la actitud positiva de trabajadores. Este cambio de mentalidad, que ha tenido lugar en muchos países occidentales tras un proceso largo de evolución, no debería olvidarse en ninguna nueva definición de este principio.

No se deberían permitir para ninguna operación, práctica o licenciario exposiciones que sean mayores que una pequeña fracción del límite de dosis, puesto que los miembros del público están expuestos a la suma de pequeñas contribuciones de dosis procedentes de muchas fuentes que se superponen al fondo y a las exposiciones médicas. Permitiría a los reguladores tratar los límites de dosis al público sobre una base más racional. Quizás si en el año 2005 el conjunto de nuevas Recomendaciones está finalizado y ellas recogen estos temas, sería posible dilucidar las aplicaciones prácticas del principio del ICRP para la protección del público en general.

Más aún, el ICRP continúa emitiendo regularmente guías sobre la aplicación de sus recomendaciones. Acaban de aparecer los informes sobre susceptibilidad genética al cáncer y sobre dosis de radiofármacos. Se espera que en los próximos dos años se finalicen ocho trabajos hoy en curso. Un proyecto, muy cerca de su terminación, trata de la posible influencia de la radiación sobre la incidencia de enfermedades hereditarias multifactoriales. Dos proyectos tienen como objetivo recopilar los factores de dosis a miembros del público de distintas edades por incorporación de radionúclidos.

Uno de esos trabajos tiene que ver con las dosis en la descendencia por la ingestión o inhalación de radionúclidos por la madre antes y durante el embarazo. Otro trabajo tiene como objetivo estudiar valores generales de los coeficientes de dosis efectiva para la población y su fiabilidad.

### **PAPEL DEL ISOE**

En todo el mundo, las exposiciones ocupacionales en las centrales nucleares han ido constantemente disminuyendo a lo largo de la pasada década. Las presiones reguladoras, particularmente tras la aparición del ICRP 60, los adelantos tecnológicos, las mejoras en los diseños de la planta, mejoras en la química del agua y un enfoque global del trabajo, consistente con el principio ALARA, comúnmente denominado como "gestión del trabajo", han contribuido a esta tendencia decreciente. Para facilitar el intercambio de técnicas y experiencias en la reducción ocupacional de las exposiciones, la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE creó en 1992 tras dos años de un programa piloto, el Sistema de Información sobre Exposiciones Ocupacionales (ISOE). La Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA) co-patrocinó el sistema para aquellos países que no eran miembros del NEA, como los países sudamericanos y del este de Europa, y ha formado con la NEA una Secretaría conjunta.

ISOE proporciona un foro mundial para la comunicación y el debate entre expertos de protección radiológica de las empresas y de los organismos reguladores en el área de protección de los trabajadores en centrales nucleares. Sus publicaciones son una referencia internacional de excelencia y buenas prácticas en la protección radiológica operativa, tales como la

"Gestión del Trabajo en la Industria Nuclear" traducida a diversos idiomas, entre ellos el Ruso y Japonés.

En este contexto, el programa del ISOE ha jugado un papel relevante para extender las buenas prácticas de exposición ocupacional y para armonizar la implantación de normas de seguridad radiológica en todo el mundo. ISOE representa una atalaya excelente para vigilar en los próximos años los efectos que estos cambios reguladores puedan tener sobre las exposiciones ocupacionales. Además, los puntos de vista de los participantes en el ISOE, que incluye representantes tanto de las empresas como de los reguladores, abiertamente expresados en seminarios como el presente, podrían jugar un papel fundamental para tornar las Recomendaciones de siglo XXI desde un enfoque teórico a otro más práctico.

A punto de finalizar, hemos tratado diversos aspectos que son un reto para el objetivo principal del seminario, "la reducción de las dosis ocupacionales". Estos retos necesitan ser encarados de forma rigurosa. La innovación tecnológica y la calidad en la gestión son las herramientas para triunfar. Yo estoy seguro que el éxito puede lograrse.

Finalmente quiero expresar mi deseo de que este seminario les dé a los profesionales aquí presentes la oportunidad de mejorar la cooperación y la comunicación entre ellos por medio de discusiones fructíferas y abiertas, y que contribuya a la mejora continua de los objetivos del ISOE. Para concluir, deseo felicitar a todas las personas involucradas en la organización de este ambicioso evento.

Gracias por su atención.



## NOTA TÉCNICA

*La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha comenzado el proceso de revisión de las recomendaciones recogidas en ICRP-60. El presidente de la ICRP, Profesor Roger Clarke, ya ha realizado algunas presentaciones, comenzando un debate en el ámbito profesional y en especial entre las Sociedades de Protección Radiológica.*

*Los miembros de la SEPR recordarán que el día 20 de Febrero pasado, en un Seminario efectuado en CIEMAT hemos contado con la presencia del Profesor Roger Clarke quien nos ha explicado el fundamento y la dirección que la ICRP está considerando para la revisión de las actuales recomendaciones.*

*En la misma sesión David Cancio, como coordinador del Grupo de Trabajo de la Sociedad sobre la "Evolución de los criterios de Protección Radiológica", presentó las conclusiones preliminares del Grupo.*

*El editorial de G. Webb refleja, en alguna medida, los comentarios del Grupo que a su vez coinciden con los efectuados por otras Sociedades las cuales, en definitiva, incluyen las opiniones de muchos profesionales de la Protección Radiológica con experiencia en las regulaciones y en las más diversas aplicaciones.*

*Este tema y el debate iniciado son de una gran relevancia para el futuro de la protección radiológica.*

# Desde la "Dosis Controlable" a las "Próximas Recomendaciones"

**Editorial invitado del "Journal of Radiological Protection" Nº 21, pp101-104, june 2001.**

**Con la autorización del Dr J. Roscoe, Senior Publisher.**

**Título original "From controllable dose to the next recommendations" G.A.M. Webb.**

**Traducción del original por Alejandro Placer**

En el número 21 del "Journal of Radiological Protection" se publicó un informe de progreso elaborado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica, referente al reemplazo eventual de la Publicación ICRP 60. Teniendo en cuenta el papel jugado por la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) en la consulta que tuvo lugar sobre las propuestas previas, pareció apropiado hacer algunas reflexiones desde IRPA sobre la situación actual del tema.

Una cosa que ha ocurrido, cuya importancia no será pasada por alto por los lectores que vieron la carta de Alan Martin en el número anterior (J. Radiol. Prot. 21 63-4, 2001) es que la última publicación es de la Comisión y no de su Presidente o del Profesor Roger Clarke. El mensaje clave es que la Comisión está ahora procediendo al desarrollo de nuevas recomendaciones

y éste es el punto básico que debo comentar en primer lugar.

Aunque en la comunicación se expresa que la Comisión ha considerado las opiniones emitidas por las Sociedades Afiliadas a IRPA, quizás no se haya prestado suficiente atención al mensaje subyacente en muchos de los comentarios más detallados. Yo expresé este comentario en Hiroshima en un lenguaje de alguna manera poco elegante, pero como desde entonces he tenido tantas referencias a él, pediré la indulgencia del editor para repetirlo aquí:

### **SI NO ESTÁ ROTO, NO LO ARREGLES.**

En el lenguaje más científico utilizado en el resumen de los comentarios de IRPA, esto se expresa como la necesidad de concentrarse en rectificar defectos o puntos débiles en el sistema

actual antes de introducir cambios más radicales o, inclusive, un nuevo sistema de protección. Si bien cualquiera podría estar de acuerdo en que el sistema actual tiene algunos fallos, incluyendo (aunque no limitados a ellos) los identificados en la comunicación, la cuestión básica es determinar si son suficientes para requerir "un nuevo sistema de protección". Como trataré de mostrar, puede que al final las propuestas no lleven a un cambio fundamental respecto al sistema actual, tal como es aplicado. Sin embargo, podrían crear considerables dudas sobre la fiabilidad de los principios de protección radiológica lo que llevaría a anunciar al mundo que lo que hemos estado poniendo en práctica durante las últimas décadas está de alguna manera tan equivocado como para necesitar ser reemplazado. Existe también la necesidad real de alguna estabili-

dad reguladora. Las Normas Básicas Internacionales para la Protección contra las Radiaciones Ionizantes y la Seguridad de las Fuentes de Radiación (IAEA Safety Series No. 115) fueron publicadas hace sólo cinco años y en la actualidad la OIEA está realizando un importante esfuerzo para introducirlas en la estructura legal y reguladora de unos 100 países del globo. Este esfuerzo es adicional al efecto de la Directiva Europea. Estos dos instrumentos internacionales fueron el resultado de un considerable debate sobre la adecuación de adoptar las recomendaciones de ICRP 60 y requirieron apoyo gubernamental.

Teniendo esto en mente, merece la pena examinar si las siguientes recomendaciones propuestas son en realidad tan fundamentalmente diferentes como se las pinta. Hacer esto con propiedad requeriría un análisis detallado que no es posible realizar con el borrador de las propuestas existente en la actualidad, pero pueden realizarse algunas indicaciones. Para hacerlo, dividiré las exposiciones a ser controladas en ocupacionales, médicas y del público, ya que parece que esta distinción práctica se mantendrá, y me concentraré en la aplicación de la justificación, la optimización y los niveles de acción.

En el control de la exposición ocupacional parece probable que se seguirá teniendo algún "límite" en el sentido regulador, aunque fuese llamado un "nivel de acción". Seguirá teniendo que haber "optimización de la protección", basada en lo que podría llegar a llamarse "dosis de los trabajadores", que parece bastante similar a los actuales procedimientos ALARA. También parece dudoso que los empresarios, los trabajadores y sus representantes o los reguladores abandonen de buena gana un sistema que es relativamente

fácil de verificar y poner en vigencia y con el que actualmente parecen ser capaces de trabajar todas las partes.

Está ampliamente reconocido que el control de la exposición médica es un caso diferente. La terapia está claramente fuera de cualquier sistema de protección para la mayoría de los propósitos, excepto la minimización de la dosis en los tejidos que no son el blanco de interés y la prevención de accidentes. Las aplicaciones médicas han sido el área en la que el principio de justificación ha sido usado en el sentido ICRP, especialmente para la justificación del tipo de examen diagnóstico y del uso de ese examen en un paciente específico. La justificación también ha sido usada, aparentemente de forma correcta, como un criterio basado en la utilidad para determinar el beneficio de los procedimientos de chequeo masivo en su conjunto. La justificación y la optimización (con la obligación de obtener la información deseada) aparentemente se mantendrán en este área. ¿Los procedimientos diagnósticos deberán estar sujetos a "niveles de acción" o éstos resultarán ser "niveles de referencia"? Lo último parece más probable, puesto que nunca ha habido sugerencia alguna de que en diagnóstico sea apropiada la aplicación de acciones estrictas por encima de un nivel especificado.

Esto nos deja con la protección del público. Aquí es donde han surgido la mayoría de los problemas de aplicación del sistema actual y es el área en la que se necesita algún "ajuste". El nuevo sistema propuesto señala algunos de los problemas, por ejemplo la confusión entre el límite de dosis para un grupo de prácticas seleccionadas y los niveles de acción para la intervención en situaciones de exposición crónica (radón en viviendas) o de emergencia (post-accidente). Sin

embargo, parece probable que sea necesaria la existencia de varios niveles de acción diferentes para distintas circunstancias, por lo que seguirá existiendo la necesidad de explicar la razón fundamental y la elección de los niveles. Las críticas del uso de la dosis colectiva integrada sobre todos los niveles de dosis y sobre tiempos para los cuales los cálculos carecen de sentido, y de la dependencia excesiva en el análisis coste-beneficio, son bien conocidas y en general hay acuerdo sobre ello; pero estos errores se están haciendo menos comunes, como se está evidenciado por la forma en que está trabajando ahora el COMARE (J. Radiol. Prot. 20 461-3 2000). La optimización de la protección, usando estimaciones realistas del detrimento y técnicas apropiadas de ayuda a la toma de decisiones, parecería seguir siendo una componente del nuevo sistema.

La fuerza propulsora de la última revisión de las recomendaciones de la ICRP fue el incremento en las estimaciones del riesgo para efectos estocásticos. No existe en la propuesta actual un motivo semejante basado en resultados, sino un deseo declarado de simplificar el sistema y eliminar confusiones. Este objetivo es loable, pero un camino diferente para lograrlo podría ser el preservar las bases de un sistema que ha trabajado razonablemente bien en la mayoría de las aplicaciones, examinar atentamente las áreas en que haya problemas y tratar de adaptarlas y explicarlas mejor. Una parte del problema existente en el control de la exposición del público se debe a que las circunstancias son mucho más diversas que en las exposiciones ocupacionales y médicas, de tal manera que en esta área lo que sería necesario es una diferenciación levemente mayor, en lugar de una

simplificación.

Un "cambio mayor" en el nuevo sistema – el reordenamiento de los principios para ubicar al de optimización después del de protección individual – ya no va a ser nunca más necesario para la ICRP, puesto que ese reordenamiento fue realizado (deliberadamente) durante el desarrollo de las BSS y puede ser encontrado en la sección sobre requerimientos de protección radiológica para las prácticas.

Sí es necesario hacer algunas cosas. Las mencionadas, tales como la elección de las magnitudes dosimétricas más adecuadas, la clarificación en la aplicación de la justificación fuera de las áreas médicas, el poner más énfasis en el término "razonablemente" en la optimización de la protección y el establecimiento de condiciones limi-

tantes más firmes en la integración de la dosis colectiva, podrían ser de gran beneficio práctico. Podrían incluirse otras tales como el desarrollo de recomendaciones complementarias sobre protección del medio ambiente.

En estos días se cita mucho el principio de precaución. Podría ser una buena precaución por parte de la nueva Comisión considerar otra vez si necesitan dejar establecido el intento declarado de producir nuevas recomendaciones en 2005. Si se establece de esta manera, el momento crecerá hasta que no haya otra alternativa, aún en el caso de que un estudio detallado por parte de los Comités y el debate consecuente llegasen a sugerir que la modificación y el mejoramiento fuesen más aconsejables que el reemplazo.

Como en otras ocasiones, IRPA remitirá esta publicación a todas las Sociedades Afiliadas y se ofrece a recoger cualquier respuesta para remitirla a la ICRP. El tema será discutido también en los Congresos Regionales de IRPA, tales como el Congreso IRPA Europeo 2002 a ser organizado en Florencia, Italia, del 7 al 11 de octubre de 2002.

*GEOFFREY A. M. WEBB*

*Presidente de la Asociación Internacional de Protección Radilógica (IRPA)*

*"Brunswick", Cornwall Gardens, Brighton BN1 6RJ, Reino Unido*

*E-mail: Geoffrey.Webb@physics.org*

**(viene de la página 39)**

medida/geometría/material/Isotópico, que se pretenda utilizar en el proceso de Desclasificación, requiere la aplicación de otro Plan de pruebas para la nueva combinación.

Además, se realizó un control adicional de la calidad en la estimación de actividad por los equipos de medida, en el 5% elegido al azar, del número de UMA's que hayan resultado aceptadas como Desclasificadas en la aplicación del Plan de Pruebas, siendo el tamaño mínimo de la muestra propuesta de 2 UMA's por cada Isotópico-Tipo y grupo de material a desclasificar.

Otro de los objetivos del Plan es verificar que los valores estimados de actividad con los equipos cumplen con los criterios de aceptación si se escogen muestras aleatorias y se envían a Laboratorio externo para el análisis radioquímico de aquellos isótopos que componen el espectro origen de la

UMA. El muestreo del material contenido en cada UMA se realiza tomando 12 sub-muestras del material contenido en la UMA controlada, distribuidas por toda la geometría y piezas que integren la misma.

Para cada una de las 12 sub-muestras, se determinó la superficie total y su peso para poder calcular el factor de paso masa-superficie. Las 12 sub-muestras a obtener de cada UMA corresponderán con las posiciones de medida de los equipos empleados. Una vez recepcionadas en el laboratorio las 12 sub-muestras representativas de una UMA, éste procederá, según sus procedimientos, a elaborar una única muestra compuesta. Sobre la muestra compuesta se realizarán las medidas radioquímicas necesarias correspondientes al Isotópico Tipo asignado. Una vez recepcionados los resultados del laboratorio, se compara-

ron con los niveles de Desclasificación, aplicando el mismo criterio de aceptación que se empleó para el proceso global.

**CONCLUSIONES**

Como resumen y conclusiones que se pueden extraer, de aplicación general y específica, se reflejan las siguientes:

- Que los aspectos de control radiológico son esenciales en las fases de gestión,
- Que los equipos de medida deben tener las capacidades para medir niveles de desclasificación,
- Que los aspectos de licenciamiento llevan tiempo y generan documentación ingente asociada,
- Que un buen control radiológico inicial conlleva una asignación de destinos óptima.

## Seminario sobre Salud Humana y Ondas Electromagnéticas

Durante los días 7 a 10 de mayo se celebró en el Centro Mesonero Romanos (Plaza Mayor) de Madrid, un Seminario Internacional sobre Salud Humana y Ondas Electromagnéticas. El Seminario estaba encuadrado en el Segundo Ciclo de Primavera de la Salud, dirigido por el profesor Pablo Gil-Loyzaga y organizado por la Fundación General de la Universidad Complutense en colaboración con el Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid. El Seminario contó con el patrocinio de Unión Fenosa y fue organizado por el citado profesor Gil-Loyzaga, el profesor y académico Antonio Hernando (director del Instituto de Magnetismo Aplicado), el Dr. Francisco Vargas (subdirector de Sanidad Ambiental, Ministerio de Sanidad y Consumo) y el investigador Alejandro Úbeda (Servicio de Bioelectromagnética, Hospital Ramón y Cajal).

El Seminario estudió la problemática de la exposición del público en general a campos electromagnéticos (CEM) ambientales en el espectro de las radiaciones no ionizantes (RNI), y consideró los posibles efectos adversos de dichas exposiciones. Esta problemática fue tratada en sus diversos aspectos, encuadrados en cuatro apartados, a cada uno de los cuales se le dedicó una sesión íntegra de exposición y discusión.

- En la Primera Sesión, dedicada a **"Campos Electromagnéticos: Características Generales y Legislación"**, intervinieron como ponentes el profesor Antonio Hernando (UCM-IMA); Carlos Llanos, físico de REE; Edmundo Fernández, representante de ANIEL; y el Dr. Juan Bernar (UNESA). Se trataron aspectos físicos y de la dosimetría de campos electromagnéticos, principalmente en el espectro de las frecuencias bajas y medias. Se hizo una descripción de las distintas regulaciones

- nacionales e internacionales para la protección del público ante radiaciones no ionizantes. Los datos presentados mostraban que los CEM en las proximidades de las líneas de conducción eléctrica y en los centros de transformación están muy por debajo de los máximos recomendados por la OMS y la Unión Europea y, por lo tanto, se consideran seguros. El representante de ANIEL describió las estrategias seguidas para lograr la compatibilidad electromagnética entre equipos eléctricos. Ello garantiza el uso en condiciones seguras de sistemas tan vitales para el usuario como son los implantes activos del tipo de los marcapasos.

- En la mesa redonda que siguió a las intervenciones, el Profesor Hernando, moderador de la mesa, afirmó que la ciencia en general y la física en particular identifican carencias en el presente conocimiento sobre las interacciones de las RNI sobre los sistemas vivos. No obstante, los conocimientos firmes, bien establecidos y contrastados que hemos alcanzado no pueden ser cuestionados sin proporcionar al mismo tiempo una evidencia científica robusta que permita la construcción de modelos alternativos de respuesta, que completen los citados conocimientos. Esta evidencia no existe en el presente a la hora de relacionar exposiciones a RNI ambientales débiles con efectos adversos sobre la salud, concluyó el profesor Hernando.

- La Segunda Sesión estuvo dedicada a **"Campos Electromagnéticos: La Experiencia Internacional"**. En ella intervinieron tres científicos con una prolongada trayectoria en la investigación sobre efectos de radiaciones no ionizantes y en el asesoramiento a agencias nacionales e internacionales responsables de salud ambiental. El profesor Paolo Vecchia (Instituto Nacional de la Salud, Italia) describió las normativas italianas y suizas, que son más restrictivas que las aceptadas por el resto de los países europeos. Estas restricciones no se deben a una identificación de

- potenciales efectos nocivos distintos de los reconocidos por la Unión Europea, sino a una aspiración de incrementar el margen de seguridad en la protección de los ciudadanos. Sin embargo, de acuerdo con el profesor Vecchia, esta estrategia cae en numerosas incongruencias y en heterogeneidades locales, por lo que es previsible que tenga consecuencias perversas que dificulten seriamente su aplicación. Este investigador se mostró partidario del consenso nacional e internacional en el establecimiento de niveles de seguridad y en la aplicación de las normativas.

- Sir William Stewart ha coordinado al Grupo de Expertos Independientes del Reino Unido en la elaboración del documento *Mobile Phones and Health* (2000). Sir William hizo una breve revisión de la literatura sobre la materia y concluyó que, aunque existen indicios de respuestas fisiológicas a radiofrecuencias de potencias relativamente débiles, éstas no representan evidencia de efectos nocivos sobre la salud. El grupo de expertos británicos recomendó que el Reino Unido adoptase los niveles de seguridad recomendados por la Unión Europea. El Dr. Stewart recomendó también promover un uso racional de la telefonía móvil, especialmente para los niños, e invitó a la industria de la telefonía a desarrollar equipos más eficientes, con niveles de emisión reducidos.

- El Dr. Carl F. Blackman, de la US EPA, hizo una revisión de efectos biológicos, la mayoría de ellos sobre sistemas *in vitro*, que son difíciles de explicar por la inducción de corrientes intensas o por incrementos de la temperatura del sistema. El Dr. Blackman advirtió, sin embargo, que no se ha desarrollado un modelo de mecanismo alternativo para los efectos descritos por él. Estos efectos no son en absoluto indicativos de nocividad y, de hecho, algunos de ellos están relacionados con el desarrollo de estrategias terapéuticas. En todo caso, tales efectos deben ser tenidos en cuenta, descritos con precisión e investigados en profundidad.

- En la mesa redonda, que fue moderada por Alejandro Úbeda, los ponentes coincidieron en subrayar la existencia de indicios de respuestas biológicas, no indicativas de nocividad a los niveles recomendados por la Unión Europea, y en la necesidad evidente de profundizar en la investigación de los bioefectos de las ra-



diciaciones no ionizantes. También coincidieron en la necesidad de unificar los criterios en las normativas para la protección ante la exposición a dichas radiaciones.

- La tercera Sesión versó sobre **“Campos Electromagnéticos: Evaluación de Riesgo, Estudios Experimentales y Epidemiológicos”**. El catedrático Juan Represa (Facultad de Medicina de la Universidad Valladolid) hizo una revisión crítica de la evidencia sobre respuestas in vivo a CEM de frecuencias bajas, tratando la cuestión en sus diversos aspectos, incluyendo: etiología del cáncer, fertilidad, teratogénesis, efectos sobre el sistema nervioso y respuestas neuroendocrinas. El profesor Represa concluyó que no existe evidencia firme de efectos nocivos de los CEM de frecuencias bajas y que no existe un mecanismo que relacione exposición a estos CEM con incrementos en la probabilidad de desarrollar cáncer u otras enfermedades. Así, sólo se han comprobado efectos nocivos a intensidades altas, muy superiores a los niveles recomendados por la UE. En consecuencia, y siendo los valores de CEM registrados en las proximidades de líneas de alta tensión varios órdenes de magnitud inferiores a los máximos recomendados, no cabe esperar efectos adversos para la salud de personas que viven cerca de estas líneas.

El Dr. Manolis Kogevinas (Instituto Municipal de Investigaciones Médicas, Barcelona) hizo una revisión completa de la epidemiología de grupos expuestos a frecuencias bajas (50 Hz) y a radiofrecuencias (telefonía móvil). Kogevinas describió los resultados de recientes metaanálisis de los datos epidemiológicos sobre leucemia en niños que viven cerca de líneas de alta tensión. El ponente interpretó los resultados como indicadores de un incremento, modesto pero significativo, en la frecuencia de la enfermedad cerca de las líneas. La evidencia, sin embargo, carece de la suficiente firmeza debido a posibles sesgos en la selección de las muestras y a la existencia de potenciales factores de confusión, según advierten los propios autores de los trabajos comentados. En lo referente a epidemiología del cáncer en usuarios de teléfonos móviles, los estudios realizados hasta el presente no han proporcionado indicios de una relación causal entre exposición y enfermedad. Los estudios, sin embargo, son todavía escasos y han empleado poblaciones pequeñas



De izquierda a derecha:

Alejandro Ubeda, Servicio de Investigación del Hospital Ramón y Cajal de Madrid; Pablo Gil-Loyzaiga, director de la Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid; Francisco Vargas, subdirector general de Sanidad Ambiental y Salud Laboral del Ministerio de Sanidad y Consumo; Antonio Hernando, catedrático del Instituto Magnético de la Universidad Complutense de Madrid.

de sujetos que, en general, habían venido usando teléfonos móviles durante periodos iguales o inferiores a 3 años.

El Dr. Francisco Vargas habló sobre los criterios de evaluación, gestión y comunicación de riesgos en relación con las exposiciones a RNI ambientales. Describió el Principio de Precaución, tal como lo define la Unión Europea, subrayando las premisas de equidad en la aplicación del principio para agentes similares, y de proporcionalidad respecto del grado de riesgo que representa cada agente. El Dr. Vargas concluía que los presentes conocimientos sobre la respuesta humana a RNI, si bien son extensos, deben ser ampliados. En todo caso, la evidencia de que disponemos indica que la alarma social registrada en los últimos tiempos no está en absoluto justificada, como tampoco se justifica el establecimiento de regulaciones más restrictivas que las recomendadas por la UE. En la mesa redonda, moderada por el Dr. Vargas, se concluyó que los indicios de efectos sugeridos por algunos estudios epidemiológicos carecen de suficiente firmeza, dado que están sujetos a posible error, no están respaldados por la evidencia experimental in vivo y no son explicables mediante ningún modelo de interacción aceptado. En todo caso, el Dr. Kogevinas manifestó que es imperativo llevar a cabo nuevos estudios considerando exclusivamente poblaciones altamente expuestas.

- La última Sesión del Seminario se dedicó de forma monográfica a **“Telefonía Móvil y Salud”**. El ingeniero Jesús Cañadas (Ministerio de Ciencia y Tecnología) habló sobre la regulación de la autoriza-

ción e inspección de antenas de telefonía móvil en España. Cañadas puso de relieve las diferencias entre las competencias propias del Estado y las de las administraciones locales, e hizo mención a un proyecto de Real Decreto que regulará tanto los aspectos técnicos como los de prevención de riesgos para la salud de los ciudadanos en España. El Dr. Ingeniero Jordi Romeu (Universidad Politécnica de Cataluña) habló sobre la actual proliferación de antenas de telefonía móvil y de su impacto visual, causante de buena parte de la alarma social registrada. El Dr. Romeu consideró esta situación pasajera y recomendó el uso compartido de estructuras por las distintas operadoras y el camuflaje o integración en el medio de las antenas, como estrategias idóneas para minimizar el impacto visual. En lo concerniente al futuro de las radiocomunicaciones, el Dr. Romeu predijo que en poco tiempo el número de teléfonos móviles superará al de habitantes en España. Ello hace imprescindible la instalación de nuevas antenas. Sin embargo, los nuevos equipos serán mucho más eficientes y seguros, funcionarán a frecuencias más altas que la actuales y tendrán un impacto visual mínimo.

El Dr. Úbeda y el profesor Luis Miró (profesor de Biofísica Médica, Facultad de Medicina de Montpellier-Nimes) dedicaron sus presentaciones a distintos aspectos relacionados con la salud, incluyendo: epidemiología del cáncer y de otras enfermedades en usuarios de teléfonos móviles y en grupos que viven cerca de estaciones base, estudios en voluntarios, datos de investigación experimental, tanto in vivo como in vitro, prioridades en la investigación e

investigaciones en curso. En su conjunto, las conclusiones de ambos investigadores señalaban que: 1) Algunos estudios en voluntarios mostraban efectos sutiles y reversibles, considerados fisiológicos y sin relevancia patológica, después de un periodo de uso del teléfono móvil. 2) Las emisiones de las estaciones base de telefonía móvil son de muy baja potencia, de forma que en viviendas próximas a antenas correctamente instaladas se han registrado valores que son 3 - 6 órdenes de magnitud inferiores a los máximos recomendados por la UE. En todo caso, no existe evidencia experimental o epidemiológica que relacione el hecho de vivir cerca de una estación base con un riesgo incrementado de padecer alguna enfermedad. 3) Aunque, de acuerdo con lo anterior, el correcto uso de la telefonía móvil se considera seguro, se considera necesario ampliar la vigilancia y la investigación sobre potenciales respuestas biológicas de origen no térmico ante las señales propias de la telefonía móvil.

En el acto de clausura, los directores del seminario resumieron las conclusiones de las distintas sesiones como sigue. Los datos presentados indican que las exposiciones a CEM ambientales dentro de los niveles recomendados por la UE no representan un riesgo para la salud del público en general, pero dado que los conocimientos sobre los bioefectos de estos campos, aun siendo extensos, no son todavía completos, es imperativo profundizar en el estudio de esta materia. Entre tanto, el público debe permanecer informado sobre cómo y por qué se toman las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los ciudadanos ante exposiciones a RNI. Dicha información, para garantizar su independencia y credibilidad, debe ser proporcionada por organismos públicos, sin perjuicio de las campañas informativas que puedan realizar las compañías y la industria privadas.

*Alejandro Úbeda*

## Conferencia Internacional sobre la protección radiológica del paciente

### Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista, Medicina Nuclear y Radioterapia

La I Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica de los Pacientes



celebrada el pasado mes de marzo reunió a más de 800 personas en el Palacio de Congresos y Exposiciones de Torremolinos (Málaga).

Al acto inaugural asistieron, entre otros, la ministra de Sanidad y Consumo, Celia Villalobos; el rector de la Universidad de Málaga, Antonio Díez de los Ríos; y otras autoridades nacionales (Consejo de Seguridad Nuclear), provinciales y locales, así como representantes de las organizaciones patrocinadoras: Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Comisión Europea (CE), Organismo Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

En el acto, Celia Villalobos situó la protección radiológica del paciente como actividad prioritaria de la Dirección General de Salud Pública y Consumo. Igualmente, afirmó que en un breve periodo de tiempo se publicará un Real Decreto sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas, de acuerdo con las últimas recomendaciones internacionales y la última Directiva europea en esta materia.

Sería difícil resumir todas las jornadas, pero podemos asegurar que se consiguieron los objetivos principales de la Conferencia, esto es:

- Fomentar el intercambio de información sobre cuestiones relacionadas con la Protección Radiológica durante las aplicaciones médicas de las radiaciones.
  - Formular recomendaciones, cuando proceda, con respecto al fomento de la cooperación internacional en esta materia.
- Hubo muchos e interesante temas relacionados con la Protección Radiológica que se trataron en la Conferencia, entre ellos cabe citar:

1. Aspectos generales de Protección Radiológica.
2. Aspectos que influyen en la dosis al paciente en los distintos tipos de examen y tratamientos con radiaciones ionizantes.
3. Protección Radiológica de pacientes pediátricos.
4. Protección Radiológica de la paciente embarazada.

5. Protección Radiológica en investigación biomédica.
6. El balance beneficio/riesgo en exploraciones y tratamientos con radiaciones ionizantes.
7. Información al paciente.
8. Control de calidad.
9. Estadísticas sobre número de exploraciones y niveles de referencia.
10. Docencia y capacitación.
11. Reglamentación.
12. Vías de investigación en Protección Radiológica.
13. Nuevas tecnologías y Protección Radiológica.
14. Fomento de la cooperación internacional.

Se constataron las enormes diferencias en aspectos de Protección Radiológica y equipamiento entre diferentes países, por lo que muchas veces era complicado aunar criterios, y se vio la necesidad de profundizar en la cooperación internacional. El nivel de la Protección Radiológica en España es bueno, pero hay países en los que es prácticamente una desconocida.

El próximo mes de septiembre se expondrán las conclusiones definitivas de esta Conferencia, y en el número de diciembre de *RADIOPROTECCIÓN* serán publicadas junto con una amplia información de la Conferencia.

Por último, podéis ver las notas de prensa en la página web creada para este evento, salvo las conclusiones.

[www.pruma.uma.es/ci2001.htmlx](http://www.pruma.uma.es/ci2001.htmlx)

Rafael Ruiz Cruces

## Propuesta de renovación de cargos del CSN

El Consejo de Ministros, en su reunión del 22 de junio, ha acordado remitir al Congreso de los Diputados la propuesta de nombramiento como Presidente y Consejeros del Consejo de Seguridad Nuclear a las siguientes personas:

- Presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, D<sup>a</sup> María Teresa Estevan Bolea
- Consejera del Consejo de Seguridad Nuclear, D<sup>a</sup> Carmen Martínez Ten

• Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear, D Julio Barceló Vernet

## **D<sup>a</sup> MARÍA TERESA ESTEVAN BOLEA.**

Nacida el 26 de octubre de 1936 en Huesca, es Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Barcelona y pertenece al Cuerpo de Ingenieros Industriales del Estado.

En 1977 fue nombrada Subdirectora General de Medio Ambiente y, posteriormente, Directora General de Medio Ambiente en el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Posteriormente, fue Jefe del Gabinete de Estudios del Consejo Superior del Ministerio de Industria y Energía y Diputada por el Partido Popular por Madrid al Congreso de los Diputados, donde fue Portavoz del Grupo Popular en materia de energía y medio ambiente. A partir de 1993 fue Directora General del Consorcio Hispano-Argentino PETROAMBIENTE y,

más tarde, Directora General de SITESA INGENIEROS. En 1994 fue elegida Eurodiputada por el Grupo Popular y desempeñó el puesto de Portavoz del Grupo Popular Europeo en la Comisión de Energía del Parlamento Europeo. En 1999 fue nombrada Presidenta del Consejo Superior de Industria y Energía.

## **D<sup>a</sup> CARMEN MARTÍNEZ TEN.**

Nacida en 1953, es Licenciada en Medicina y Cirugía por la Universidad Complutense de Madrid y pertenece a la Escala Técnica Superior de la Administración Local.

Ha desempeñado diversos puestos relacionados con la gestión sanitaria en el Ayuntamiento de Madrid. En 1998 fue nombrada Directora General del Instituto de la Mujer en el Ministerio de Asuntos Sociales y, posteriormente, fue Asesora del Gabinete del Ministro de

Sanidad y Consumo. Desde 1995 era Jefa del Gabinete de la Presidencia del Consejo de Seguridad Nuclear.

## **D. JULIO BARCELÓ VERNET.**

Nacido hace 49 años, es Ingeniero Industrial por la Escuela Técnica Superior de Barcelona, Master of Science in Nuclear Engineering por la Universidad de Purdue (Estados Unidos) y licenciado en Ciencias Empresariales por la UNED.

En la empresa privada, ha trabajado en la empresa IBERNUCLEAR y en la empresa ENHER, donde llegó a ser Subdirector de Planificación y Control de Gestión. Posteriormente, fue Adjunto al Consejero Delegado de Transports Metropolitans de Barcelona y desde 1997 era Asesor del Ayuntamiento de Vandellòs para el desmantelamiento de la Central Nuclear Vandellòs-I.

# NOTICIAS del MUNDO

## **European ALARA Network, Amberes 2000**

El pasado noviembre de 2000 se celebró en Amberes, Bélgica, el Cuarto Seminario organizado por la Red Alara Europea con el título: "LA GESTION DE RIESGOS OCUPACIONALES RADIOLÓGICOS Y NO RADIOLÓGICOS: LECCIONES A APRENDER". Contó con la participación de media centena de participantes, de los cuales dos tercios provenían del sector nuclear y el resto de diversos sectores con diferentes tipos de riesgos como el campo químico o petrolero. También había representantes de organizaciones internacionales involucradas en la prevención de riesgos laborales, como la Organización Internacional del Trabajo, OIEA y la Dirección General de Empleo de la Comisión Europea.

Las principales conclusiones que surgieron de este seminario se pueden resumir en estos tres puntos:

- Es imprescindible desarrollar una cultura común del riesgo entre todos los interlocutores sociales para poder gestionar los riesgos ocupacionales de forma efectiva. Sería necesario que se fijasen estrategias en el ámbito nacional y corporativo para presentar y discutir sobre la gestión de los riesgos con trabajadores, directivos, los medios de información, el público y, obviamente, los reguladores.
- La transferencia de riesgos es un asunto de gran interés, entre riesgos a la población y ocupacionales e incluso entre riesgos humanos y ecológicos. Por lo tanto, es necesario saber cómo gestionarlos mediante un mejor conocimiento de las transferencias de riesgos, los factores que intervienen y las interfaces de todas las partes involucradas.
- La participación de todos los interlocutores involucrados es un elemento clave para que la toma de decisiones sea razonable y ampliamente consensuada.

*Juan José Montesinos*

## **Congreso regional IRPA. Recife 2001**

Entre los días 29 de abril y 4 de mayo de 2001 se celebró en Recife (Pernambuco-Brasil) el "V Congreso regional sobre seguridad y Protección Radiológica". Se hizo coincidir con el "II Congreso ibero-latino-americano de las Sociedades de Protección Radiológica" y tenía carácter de congreso regional IRPA. Reunió a casi cuatrocientos profesionales, de los que el 30% aproximadamente procedía de países iberoamericanos distintos del propio país anfitrión. Una decena de participantes componían la delegación española.

El congreso se desarrolló con las habituales comunicaciones orales y en formato póster, pero también con un elevado número de mesas redondas y conferencias invitadas que cubrían prácticamente todos los temas.

Se habían programado tres cursos pre-congreso y otros seis más a celebrar durante los días de sesiones. De estos seis últimos, tres, dedicados al control de calidad en medicina nuclear, mamografía y tomografía computarizada,

estaban patrocinados, elaborados y desarrollados por la Sociedad Española de Protección Radiológica, a través del GRIAPRA.

Con ocasión del congreso, tuvo lugar una

- reunión del Consejo Ejecutivo de la IRPA,
- así como un número importante de reuniones bilaterales y multilaterales entre representantes de las diferentes Sociedades de Protección Radiológica iberoamericanas.

La organización del Congreso editó un libro con los resúmenes de los trabajos presentados. Se puede encontrar información adicional en la dirección [www.propesq.ufpe.br/sbpr/congresso.htm](http://www.propesq.ufpe.br/sbpr/congresso.htm)

## Límites de Dosis por Efectos Estocásticos en diversos Países Europeos

Transposición de la DIRECTIVA 96/29 EURATOM (1996) y/o de las Normas Básicas Internacionales de Seguridad del OIEA para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación BSS-115 (1996)

| PAÍSES           | PÚBLICO                         | Trabajadores A                          | Trabaj. B y Estudiantes | Embarazadas y Feto  | Trabajadores en circunstancias excepcionales (no situaciones de emergencia)  |
|------------------|---------------------------------|---|-------------------------|---|--|
| DIRECTIVA 96/29  | 1 al año                        | 100 en 5 años y 50 en 1 año             | 6 al año                | 1 al feto   | -  |
| Bélgica          | 1 al año                        | 20 en 12 meses consecutivos             | 6 al año                | 1 al feto y si ' posibilidad > 1, no trabajo en zonas controladas | 2 veces el límite anual por operación en 12 meses consecutivos y < de 5 x límite anual (incluyendo las dosis ya recibidas) |
| Dinamarca        | 1 al año<br>0,1 por fuente      | 20 al año                               | 6 al año                | 1 al feto   | -  |
| Finlandia        | 1 al año                        | 100 en 5 años y 50 en 1 año             | 6 al año                | 1 al feto   | -  |
| Francia          | 1 al año                        | 20 en 12 meses consecutivos             | 6 al año                | 1 al feto   | 2 x límite anual por operación   |
| Alemania         | 1 al año<br>0,3 / emplazamiento | 20 al año y 400 en toda la vida laboral | 6 al año                | 1 al feto<br>2 por mes al útero                                   | -  |
| Italia           | 1 al año                        | 100 en 10 años y 20 en 1 año            | 6 al año                | ¿   | ?  |
| Holanda          | 1 al año<br>0,1 por fuente      | 20 al año                               | 6 al año                | improbable > 1 a la mujer **                                      | 100 por operación  |
| España           | 1 al año<br>5 en 5 años *       | 100 en 5 años y 50 en 1 año             | 6 al año                | 1 al feto e improbable > 1 a la mujer                             | caso a caso (se necesita aprobación por el CSN)  |
| Suecia           | 1 al año                        | 100 en 5 años y 50 en 1 año             | 6 al año                | 1 al feto **  | caso a caso (se necesita aprobación por el SSI)  |
| Reino Unido      | 1 al año<br>0,3 por fuente      | 20 al año                               | 6 al año                | 1 al feto<br>13 en 3 meses (dosis eq. al abdomen) ***             | 100 en 5 años y 50 al año  |
| BSS-115 del OIEA | 1 al año                        | 100 en 5 años y 50 en 1 año             | 6 al año                | 1 al feto   | 20 en 10 años y 50 al año (revisar cuando supere 100) o 50 al año renovable 5 veces  |
| Rep. Checa       | 1 al año<br>5 en 5 años *       | 100 en 5 años y 50 en 1 año             | 6 al año                | 1 al feto e improbable > 1 a la mujer                             | 50 al año ("circunstancias específicas") 500 en 5 años ("sucesos no habituales")   |
| Noruega          | 1 al año                        | 20 al año                               | 6 al año                | ?   | ?  |
| Suiza            | 1 al año                        | 100 en 5 años y 50 en 1 año             | 5 al año                | 2 (dosis efectiva en la superficie del abdomen)                   | 100 en 5 años y 50 al año  |

\* Circunstancias especiales  
 \*\* Por el resto del periodo de embarazo  
 \*\*\* Mujeres con capacidad de procrear



# CONVOCATORIAS y PUBLICACIONES

## • 27 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española

Valencia, 24-26 Octubre 2001

El Museo de las Ciencias "Príncipe Felipe" en la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia es el escenario elegido por la Sociedad Nuclear Española para la celebración el próximo mes de octubre de su 27 Reunión Anual.

Como cada año, destacados profesionales del sector nuclear se darán cita en este importante evento que sirve de punto de encuentro y de debate donde se comparten y difunden los conocimientos y avances logrados en



el sector nuclear en el último año. El éxito de estos encuentros reside en la combinación de interesantes e intensas sesiones de trabajo con un completo y ameno programa social que permite el intercambio de experiencias y el conocimiento mutuo de los asistentes.

## • Jornada sobre Dosimetría de Neutrones, organizada por CIEMAT, CSN y SEPR.



El próximo día 1 de octubre tendrá lugar en el CIEMAT una jornada sobre dosimetría de neutrones, incluyendo conferencias a cargo de especialistas internacionales sobre temas como: Aspectos básicos de la dosimetría de neutrones (A. Delgado, CIEMAT), Medidas de espectros neutrónicos y técnicas de deconvolución aplicadas a dosimetría (F. Fernández, U. Autónoma

de Barcelona), Dosímetros personales activos para neutrones (Ch. Wernli, PSI, Suiza), Técnicas microdosimétricas para la medida de campos mixtos n-g (H. Schuhmacher, PTB, Alemania), Proyectos de investigación españoles en dosimetría de neutrones (E. Gallego, U. Politécnica de Madrid), entre otras.

El coordinador de la jornada es Antonio Delgado (antonio.delgado@ciemat.es) y la organización corre a cargo del Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT (Marisa.Marco@ciemat.es), a los que se puede solicitar información adicional. La jornada esta previsto comience sobre las 9:00 de la mañana, finalizando a sobre las 16:00, incluyendo comida. Habrá una módica cuota de inscripción.

## • VIII Jornadas portuguesas de Protecção contra Radiações. Protecção 2001

Organizada por la Sociedad Portuguesa de Protección contra las Radiaciones, tendrán lugar estas jornadas durante los días 29 y 30 de noviembre de 2001 en el anfiteatro de la Facultad de Derecho de la Universidad Clásica de Lisboa. Más información:

SPPCR – Rua 5 de Outubro Lote 33  
1º E 2695-697.  
Tel. 219552062, fax 219942077  
jqbpcr@mail.telepac.pt  
jjfquinteladebrito@ip.pt  
planeta.ip.pt/~ip503487

## • III Curso de instrumentación y Control de Calidad en Medicina Nuclear

Su objetivo es impartir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para la correcta utilización de la instrumentación más empleada en Medicina Nuclear. El curso está orientado fundamentalmente a la formación de residentes de las especialidades de Medicina Nuclear y de Radiofísica Hospitalaria, y puede constituir una introducción a la Medicina Nuclear para estudiantes de últimos cursos de la licenciatura de Física o Ingeniería. El curso permite a los especialistas en Medicina Nuclear

profundizar y actualizar sus conocimientos sobre instrumentación.

Se trata de un curso teórico-práctico en el que se ve con detalle el conjunto de pruebas indicadas en el real decreto 1841/1997, referentes al control de calidad de la instrumentación. Algunas sesiones se llevan a cabo con la ayuda de vídeos que muestran la realización de las pruebas con comentarios sobre las diferentes posibilidades de efectuarlas.

- Fechas: Del 7 al 9 de noviembre de 2001

- Sede:

Acadèmia de Ciències Mèdiques de Catalunya i Balears.

Paseo Bonanova, 51.

08017 Barcelona

- Inscripción:

La inscripción al curso es de 40.000pts, incluye documentación y comidas de trabajo. El número máximo de inscripciones será de 40. La forma de pago se hará únicamente mediante talón nominativo a favor de: FACMCB

- Curso ICCMN.

- Secretaría: (Para mas informacion)

Servicio de Medicina Nuclear. Hospital CLINIC. Villarroel, 170. 08036 Barcelona.

Tel.: 93 227 54 82 (Mercè Gil)

Fax.: 93 451 81 37

E-mail: iccmn@medicina.ub.es

## • Curso de Tecnología y Seguridad Nuclear

Octubre 2001 – Enero 2002

- Organiza: Ministerio de Ciencia y Tecnología (Instituto de Estudios de la Energía) y Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat)

- Duración: 250 horas

- Horario: De 9:00 a 13:30 horas

- Lugar: CIEMAT. Avda. Complutense, 22. 28040 Madrid

- Inscripción: hasta el 14 de septiembre

- Cuota: 300.000 pesetas

- Cuota reducida: 150.000 pesetas.

Exclusiva para estudiantes o postgraduados recientes que lo requieran.

Plazas limitadas (hasta el 40%, salvo excedente de plazas).

El objetivo del curso es proporcionar una información general en Ciencia e Ingeniería Nuclear para postgraduados que, proporcionando un nivel de especialización previa, permita su integración en la Industria Nuclear.

El contenido del curso abarca los siguientes temas: Física de reactores nucleares, Neutrónica, Termohidráulica, Detección y Medida de la radiación, Centrales Nucleares, Materiales, Combustible, Química de centrales nucleares, Seguridad Nuclear, Análisis de accidentes y Simuladores. Se incluyen Seminarios y Visitas técnicas.

### • 2nd EUROSKIN Conference on "Children under the Sun" UV-Radiation and Children's Skin.

Orvieto (Italia), 1-5 Octubre 2001

La European Society of Skin Cancer Prevention, EUROSKIN, en colaboración con la World Health Organization (WHO) y la Association of Dermatological Prevention (ADP) organizan esta conferencia, cuyo objetivo es identificar las carencias existentes en los campos de la prevención del cáncer de piel y los programas de salud pública relacionados con los efectos de los rayos UV en la piel de los niños. En la conferencia, que se celebrará en el Centro Congressi de Orvieto (Italia), se analizarán recomendaciones para mejorar las actividades que sobre esta materia se desarrollan en Europa.

En la conferencia se tratarán los siguientes temas: Investigación Experimental Biológica, Epidemiología, Prevención Primaria, Prevención Secundaria, Relaciones Públicas y WHO (International Workshop on Children's Sun Protection Education).

Las personas interesadas en presentar posters pueden enviar los resúmenes hasta el 15 de agosto de 2001.

- Más información:

European Society of Skin Cancer Prevention e.V.  
EUROSKIN  
c/o Centre of Dermatology  
Am Krankenhaus 1  
21614 Buxtehude (Germany)  
Tel.: 49 4161 - 703 69 91

• Fax: 49 4161 - 703 67 45  
• E-mail: [euoskin@fonline.de](mailto:euoskin@fonline.de)  
• Web: <http://www.euoskin.org>

### • 12th Annual Residential Summer School on Radiological Protection.

Residential Course at Christ's College, Cambridge 16-20 Julio 2001

- Organiza: IBC Global Conferences Limited

Este curso está dirigido a los profesionales con responsabilidades en protección radiológica, seguridad nuclear o salud pública. La dosimetría, los efectos biológicos, los riesgos de la radiación, la radiactividad en el entorno o la protección de los trabajadores son algunos de los temas que serán tratados en profundidad.

En su año duodécimo, la Summer School consolida así su destacado papel en la educación y organización de eventos para la comunidad europea en el campo de la Protección Radiológica.

- Más información:

The Bookings Department  
IBC Global Conferences Limited  
Gilmooora House  
57-61 Mortimer Street  
London W1W 8HS- England  
Tel.: 44 (0) 1932 893857  
Fax: 44 (0) 1932 893893  
E-mail: [cust.serv@informa.com](mailto:cust.serv@informa.com)  
<http://www.ibcglobal.com/ea1139>

### • 17th Annual Residential Summer School on Radioactive Waste Management and Decommissioning

2-6 Julio 2001

Christ's College, Cambridge

- Organiza: IBC Global Conferences Limited

Dado que la vida de la primera generación de centrales nucleares llega a su fin, y no existiendo planes inmediatos de construcción de nuevas centrales en los países de Europa occidental, el desmantelamiento se ha convertido en la principal actividad en el sector nuclear. Por ello, el manejo de los residuos radiactivos es en la actualidad tema prioritario de preocupación para los organismos reguladores, los profesio-

sionales del sector y la sociedad en su conjunto.

Este curso proporcionará a los participantes la oportunidad de explorar en profundidad el manejo de los residuos radiactivos y el desmantelamiento.

- Para inscribirse:

The Bookings Department  
IBC Global Conferences Limited  
Gilmooora House  
57-61 Mortimer Street  
London W1W 8HS- England  
Tel.: 44 (0) 1932 893857  
Fax: 44 (0) 1932 893893  
E-mail: [cust.serv@informa.com](mailto:cust.serv@informa.com)  
<http://www.ibcglobal.com/ea1138>

### • Software on Occupational Radiation Protection (ORPGUIDE)

IAEA-ORPG-CD (2000)

ISBN: 92-0-103100-9

Este CD-Rom contiene una guía sobre Occupational Radiation Protection (ORP) e incluye las siguientes publicaciones del IAEA (International Atomic Energy Agency): Safety Series nº 120, Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources: A Safety Fundamental (1996); Safety Series nº 115, International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources: A Safety Standard (1996); Safety Standards Series nº RS-G-1.1: Occupational Radiation Protection: Safety Guide (1999); Safety Standards Series nº RS-G-1.2: Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides: Safety Guide (1999); and Safety Standards Series nº RS-G-1.3: Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation: Safety Guide (1999).

Estos documentos, patrocinados conjuntamente por el IAEA e ILO, suministran al usuario un conjunto amplio de modelos de seguridad sobre la protección radiológica ocupacional.

### • Manual de Protección Radiológica en Centros de Investigación Biológica

La utilización de radioisótopos y de emisores de radiaciones ionizantes es



una herramienta fundamental en el área de la investigación biológica en la aplicación de las diferentes técnicas utilizadas en el transcurso

de la experimentación y contribuye de manera eficaz en el desarrollo de técnicas y proyectos de investigación. Su utilización puede significar un riesgo para el personal implicado en el proceso por lo que hay que desarrollar los procedimientos de protección radiológica específicos y adaptarlos a las características de estas instalaciones radiactivas.

Por otro lado, ya que cada instalación radiactiva debe adaptarse a la legislación vigente optimizando las medidas de protección radiológica, es necesario homologar los criterios de evaluación y actuación en este campo para simplificar la labor de los profesionales implicados y garantizar a usuarios y público en general unos niveles de seguridad y protección adecuados y homogéneos.

Las instalaciones radiactivas de los centros de investigación biológica de organismos públicos y de universidades presentan unas peculiaridades, en cuanto a diseño, número de dependencias de utilización de material radiactivo, funcionamiento, número de personal y características, variedad de técnicas de aplicación del material radiactivo, generación de residuos radiactivos, etc., que las hace diferentes de otras, en hospitales, industriales, etc.

El Manual de Protección Radiológica de Centros de Investigación Biológica que ahora se publica, ha sido desarrollado por profesionales que desempeñan su labor en el área de la protección radiológica en centros de investigación públicos y en universida-

des en éste área a través de un Grupo de trabajo específico de la SEPR.

El objetivo primordial de este Manual es que sirva como modelo de aplicación en las instalaciones radiactivas relacionadas y que sea de utilidad y ayuda para el personal implicado en esta área de la protección radiológica operacional, así como en otros campos mas o menos relacionados, tanto para las personas que inician su trabajo en el campo de la protección radiológica, así como para todos aquellos con experiencia en la materia, ya que el documento aporta ideas originales en la gestión de este tipo de instalaciones y modos de hacer que completan los conocimientos actuales

El Manual de Protección radiológica en Centros de Investigación Biológica (publicación nº 3 de la SEPR), será distribuido a todos los interesados a través de la Sociedad Española de Protección radiológica.

• **Reedición de la obra en dos volúmenes: RADIACIONES IONIZANTES. Utilización y riesgos.**

- Ed. Xavier Ortega Aramburu, Jaume Jorba Bisbal. Ediciones UPC, SL.

A lo largo de los cinco años transcurridos desde la publicación del segundo volumen de Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos, diversos acontecimientos han obligado a efectuar una revisión intensa de la mayoría de los capítulos que lo componen. En primer lugar, y de forma principal, los cambios

normativos que regulan la utilización de radiaciones ionizantes, así el nuevo Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, el reglamento del Trans-

porte de material radiactivo, la Ley de tasas y precios públicos por servicios prestados por el CSN y más recientemente el Reglamento de Protección Radiológica a punto de aparecer en el momento de redactar esta presentación, han modificado sustancialmente el marco reglamentario. Por otra parte, los avances técnicos en el uso de las radiaciones en el campo médico, también han hecho conveniente el efectuar alguna ampliación del texto del capítulo correspondiente.

El primer volumen de esta obra fue reeditada en el año 2000 y recoge los aspectos básicos del uso de las radiaciones, mientras que en el segundo volumen, que ha aparecido en estos meses de junio de 2001, se tratan los aspectos prácticos derivados del uso de las radiaciones ionizantes y de los riesgos que comportan.

Por tratarse de una obra colectiva, ha necesitado llevarse a cabo una tarea de coordinación con el objetivo de alcanzar una unidad del tratamiento temático y terminológico. Se ha procurado, no obstante, conservar al máximo la variedad enriquecedora de los diversos autores, asumiendo el riesgo de aceptar algunas reiteraciones y desequilibrios en el tratamiento de los diversos temas.

• **RADIACIONES IONIZANTES. Utilización y riesgos:**

Ed. Xavier Ortega Aramburu, Jaume Jorba Bisbal  
 Vol. I, 479 pag. Precio: 6000 pta  
 Vol. II 601 pag. Precio: 6500 pta  
 (Los miembros de la SEPR tendrán un trato especial)  
 Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL  
 Jordi Girona Salgado 31, 08034 BARCELONA- Tel. 934 016 883  
 E-mail: edicions-upc@upc.es  
 Web: www.edicionsupc.es

• **UNSCEAR 2000**

Informamos a todos los lectores que ya está disponible el informe UNSCEAR 2000, completo, con anexos, en la dirección [www.UNSCEAR.org](http://www.UNSCEAR.org)

