

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



▲ Entrevista:

José Gutiérrez

Director del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía del CIEMAT

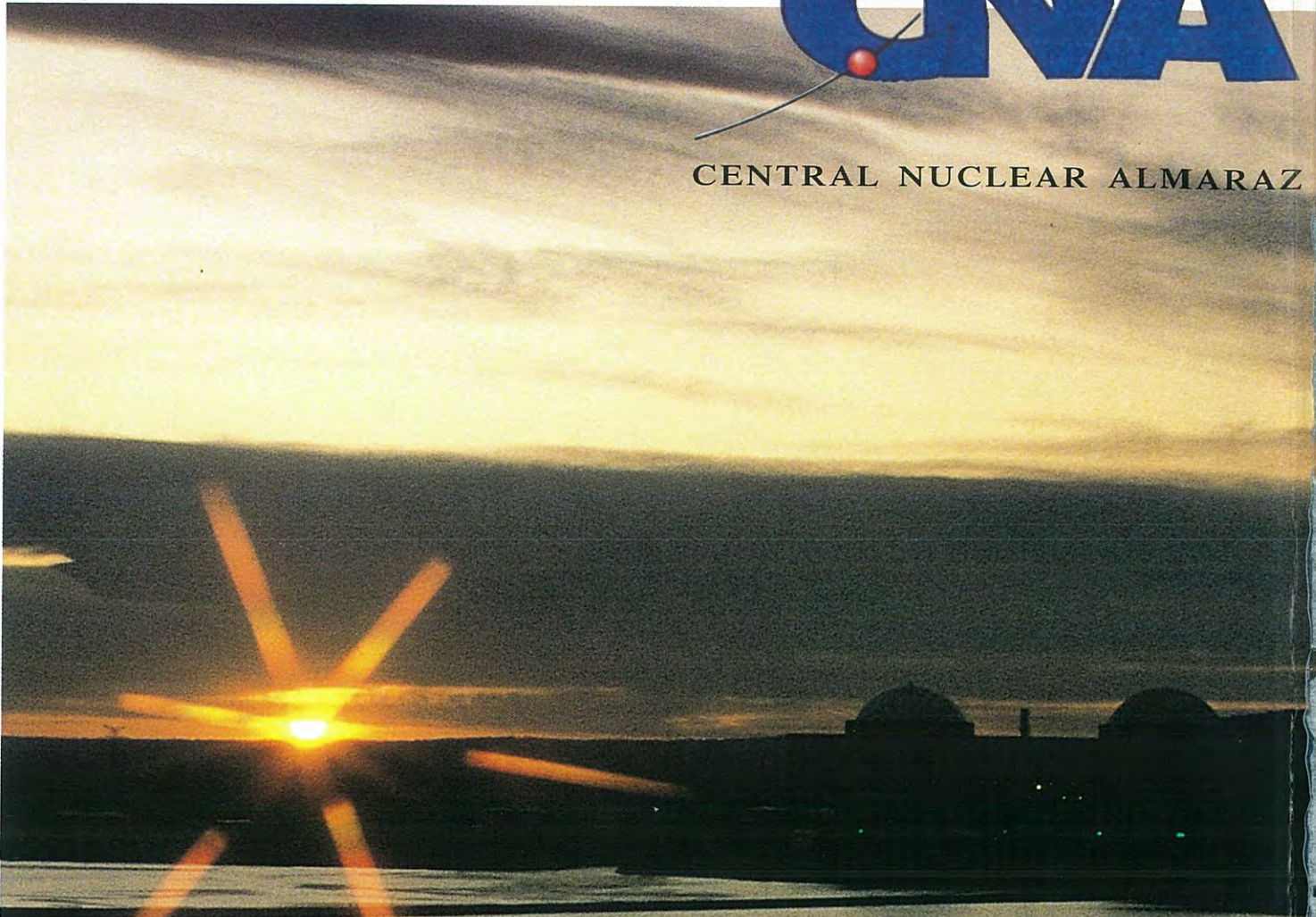
▲ **Estudio de la dinámica de paso de contaminación superficial a atmosférica en radiyodos de uso hospitalario.**

▲ **Aplicación de un modelo de trayectorias de masas de aire contaminadas al incidente de Acerinox.**

▲ **Organización de la respuesta en el exterior ante emergencias nucleares en Alemania**

CNA

CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ





**SOCIEDAD
ESPAÑOLA
DE PROTECCIÓN
RADIOLÓGICA**

Secretaría Técnica

Capitán Haya, 60 - 28020 Madrid
Tel.: 91 749 95 02 - Fax: 91 749 95 03
e-mail: edicomplet@medynet.com

Junta Directiva

Presidente: *Xavier Ortega*

Vice-presidente: *Ignacio Hernando*

Vice-presidente (Congreso 2000): *Roberto Marín*

Vice-presidente (Asuntos Especiales): *Leopoldo Arranz*

Secretaría: *María Luisa España*

Tesorero: *Pío Carmena*

Vocales: *Juan Manuel Campayo, Antonio Delgado, Antonio López, María Jesús Muñoz, Cristina Núñez de Villavicencio*

Comisión de Asuntos Institucionales

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

Responsable: *Xavier Ortega*.

Comisión de Actividades Científicas

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

Responsable: *Ignacio Hernando*.

Comisión de Normativa

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

Responsable: *María Luisa España*.

Comisión de Comunicación y Publicaciones

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

Responsable: *Antonio López Romero*.

Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

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

Responsable: *Pío Carmena*.

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Director: *Eduardo Sollet*

Coordinadora: *Paloma Marchena*

Comité de Redacción

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

Comité Científico

Coordinador: *José Gutiérrez*

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

Realización y Publicidad: SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: *Matilde Pelegrí*

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid

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

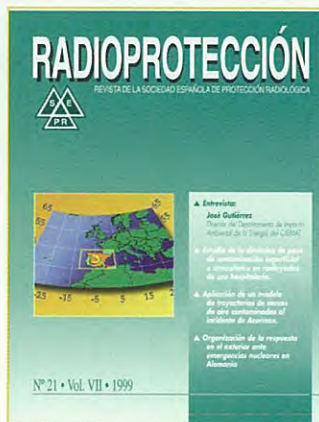
e-mail: senda@sendaeditorial.com

Impresión: *Neografis, S.L.*

Tipografía: *Récord*

Depósito Legal: **M. 17.158-1993**

ISSN: **1133-1747**



S U M A R I O

- **Editorial** **3**
- **Noticias** **4**
 - de la SEPR 4
 - de España 43
 - del Mundo 49
- **Entrevista** **9**

José Gutiérrez
Director del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía del CIEMAT
- **Contribución invitada** **14**

Organización de la Respuesta en el Exterior ante Emergencias Nucleares en Alemania.
A. Bayer, H. Korn, S. Bittner
- **Colaboraciones** **23**
 - Estudio de la Dinámica de Paso de Contaminación Superficial a Atmosférica en Radioyodos de uso Hospitalario. 23
M. Gómez y A. Cuetos
 - Aplicación de un Modelo de Trayectorias de Masas de Aire Contaminadas al Incidente de Acerinox. 31
I. Palomino, F. Martín, S. Núñez y J. Gutiérrez
- **Publicaciones** **49**
- **Cartas al Director** **51**
- **Convocatorias** **52**

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 compartan necesariamente.



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

afiliada a la

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

Correo electrónico: sepr@sepr.org

SOLICITUD DE ADMISIÓN

Datos personales:

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

Socios que avalan su candidatura

D/D ^{ra}
D/D ^{ra}

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

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

Sectores de actividad

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

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

DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad	Sucursal	D.C.	Número de Cuenta

CUENTA CARGO

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

Muy Sr. Mío:

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

Atentamente,

Nombre y Apellidos.....(firmado)

Editorial

Diversos temas tratados en este número de la revista *RADIOPROTECCIÓN* merecen ser glosados. En primer lugar, y de forma destacada, debe señalarse la aparición, con algo más de un año de antelación con respecto al acontecimiento, del primer anuncio del VIII Congreso de la SEPR que se celebrará en Gran Canaria con el tema central de las "Implicaciones de la Normativa Europea en la Protección Radiológica. El Nuevo Marco Legislativo Español". El mes de Septiembre del año 2000 será un buen momento para conocer las repercusiones de la transposición de la Directiva 96/29/EURATOM no sólo a la legislación española, sino a la del resto de países de la Unión Europea. En este sentido, y en lo que hace referencia al borrador del Reglamento de Protección Radiológica que en estos momentos se está elaborando, nuestra Sociedad, a través de la Comisión de Normativa, ha tenido la ocasión de aportar algunas reflexiones sobre su contenido.

La referencia a la Ley 14/1999 del 4 de Mayo de tasas y precios públicos por servicios prestados por el Consejo de Seguridad Nuclear (BOE nº107) tiene su motivo en la repercusión que previsiblemente tendrá en la gestión de las instalaciones nucleares y radiactivas.

El problema del control de las fuentes radiactivas fuera del ámbito regulador fue puesto de manifiesto de manera pública con motivo del suceso de Acerinox. Este episodio y las consecuencias normativas derivadas de aquel evento ocupan un lugar destacado en este número.

Los planes de emergencia en Alemania son presentados en este número gracias a una colaboración procedente de la Sociedad Alemana de Radioprotección, en el marco de los intercambios con otras Organizaciones que la SEPR está propiciando.

Con motivo de la celebración del X Congreso Internacional del IRPA en Hiroshima, en el próximo mes de Mayo, la SEPR tiene el reto de obtener de dicha Asociación la organización del XI Congreso que pretende celebrar en Madrid en el año 2004.

Un objetivo que para su consecución está requiriendo un esfuerzo considerable de un numeroso grupo de miembros de la Sociedad.

Finalmente cabe destacar la reaparición, tras un prolongado paréntesis, de la página Web de la SEPR (<http://www.sepr.es>). La eficacia de este sistema de comunicación dependerá, en gran medida, de la colaboración activa de los miembros de la Sociedad.

Con esta invitación a la participación se abre esperanzadamente esta nueva etapa de nuestra página.





Actividades de las comisiones de la Junta Directiva

a) Comisión de Asuntos Institucionales

- Participación en grupos de trabajo y de intercambio de experiencias con las Sociedades Europeas de Protección Radiológica.
- Colaboración con las Sociedades Iberoamericanas a través del GRIAPRA.
- Definición de la participación española en el Congreso del IRPA del año 2000 (IRPA-10).
- Promoción de la candidatura española en el Congreso del IRPA del año 2004 (IRPA-11).

b) Comisión de Actividades Científicas

- Redacción de un memorándum sobre los riesgos asociados a la realización de exploraciones de radiodiagnóstico a mujeres gestantes, para información de otras sociedades científicas interesadas en el tema.
- Preparación de la información descriptiva de la SEPR para ser incluida en la página oficial del IRPA.
- Creación de un grupo de trabajo sobre la gestión de residuos radiactivos de pequeños productores.

c) Comisión de Normativa

- Análisis, evaluación y comentarios de las propuestas de normativa siguientes:
- Borrador del Reglamento de Protección Radiológica del Ministerio de Industria y Energía (Revisión 7).
- Guía de Seguridad CSN/GS-1.13 sobre el contenido de los Reglamentos de Funcionamiento de las Centrales Nucleares.
- Guidelines for stable iodine prophylaxis following nuclear accidents. WHO/OIEA.

d) Comisión de Comunicación y Publicaciones

- Participación en la edición de la Revista de Radioprotección como Comité de Redacción.

- Colaboración en la reactivación y desarrollo de la página WEB.

e) Comisión de Asuntos económicos

- Elaboración del programa de financiación y de subvenciones de organismos y empresas para desarrollar el Plan de Actividades del año 1999.
- Redacción del protocolo de actuación de los Socios Colaboradores de la SEPR.

Página WEB

Tras un largo periodo de revisión, modificación y reactivación, desde el día 21 de junio puede accederse a la página WEB de la SEPR en la dirección:

<http://www.sepr.es/>

Inicialmente la página se ha estructurado en los siguientes apartados:

- *Información general* sobre la Secretaría Técnica, Junta Directiva, Comisiones, Socios Colaboradores y solicitudes de admisión.
- *Noticias de interés* para los socios.
- *Publicaciones* realizadas por la Sociedad con información de los títulos, importe y procedimiento de solicitud.
- Revista, portada e índice del último número.
- *Información de los Congresos* IRPA-10 e IRPA-11.
- *Enlaces* con distintos organismos, sociedades, etc.

Para conseguir y mantener buena calidad e interés de la página, la Junta Directiva ha aprobado la constitución del Comité WEB que se encargará de seleccionar la información y mantener una relación fluida con la Junta Directiva y sus Comisiones, así como con todos los socios que estén interesados en utilizar este dinámico medio de comunicación para intercambiar experiencias, informaciones y noticias de interés para la SEPR.

Proyecto de Investigación sobre Percepción del Riesgo Radiológico en el Sector Sanitario

Del 2 al 4 de mayo tuvo lugar la segunda reunión de coordinadores de este Proyecto, en la ciudad de Cáceres.

La Reunión contó con la asistencia de los Coordinadores de Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, México, Perú y Uruguay, junto al Grupo Técnico Español.

Se han presentado las experiencias nacionales relacionadas con el diseño muestral y el procedimiento aplicado en la toma de datos.

La aplicación del cuestionario se realizó de dos maneras diferentes, en función del número de personas participantes en cada país: de forma directa (cara a cara) sin influir en la respuesta del sujeto, obteniéndose en estos casos un alto índice de respuesta, o bien por correo, siendo en este caso inferior el índice de respuesta obtenido. Cada coordinador indicó el número de cuestionarios que ha distribuido, así como el número que se ha cumplimentado.

No se han encontrado dificultades en la aplicación del cuestionario, destacando que los riesgos reflejados en los mismos no han creado situaciones de ansiedad en los pacientes, como en algún caso se podría haber sospechado.

Se puso de manifiesto la buena aceptación del cuestionario tanto en el colectivo de técnicos como en el de pacientes.

Todos los Coordinadores destacaron el esfuerzo realizado por las personas e instituciones que colaboran en el desarrollo del Proyecto.

Así mismo se plantearon las incidencias habidas durante la toma de datos y las dificultades de interpretación en relación con algunas preguntas.

Una vez finalizadas las presentaciones de los diferentes países, se plantearon las principales aportaciones derivadas de este Proyecto. Se ha destacado su importante aspecto de innovación, ya que se



está estudiando un riesgo que no ha provocado tensión social. De esta forma, el estudio permitirá profundizar en la percepción de un riesgo radiológico peculiar debido a su balance riesgo/beneficio. Como particularidades de este Proyecto, cabe destacar:

- El elevado número de países que participan en el mismo.
- El carácter multidisciplinar que tiene, dado que en su desarrollo participan expertos de diferentes disciplinas científicas.
- El tamaño de la muestra en estudio (constituida por más de 20.000 personas).

Se ha constatado el interés sobre los resultados finales que se obtendrán a partir de los resultados del Proyecto, ya que serán de gran utilidad nacional e internacional para los diferentes organismos vinculados con la comunicación social del riesgo.

Finalmente, se decidió prorrogar el periodo de tiempo para completar la toma de datos, dado que algunos países recibieron con retraso las encuestas. Todos los asistentes coincidieron en afirmar que una vez concluido el Proyecto se contemplaría la posibilidad de elaborar Guías de Formación para técnicos y pacientes en relación con el riesgo radiológico en el sector sanitario, en base a las conclusiones derivadas del mismo.

La comprensión del Riesgo Radiológico

Durante los días 4, 5 y 6 de mayo, tuvo lugar, en Cáceres, el curso "La comprensión del riesgo radiológico. Principios y Métodos de la Investigación en Percepción Social del Riesgo", organizado por la SEPR, con la colaboración del Centro Extremeño de Estudios y Cooperación con Iberoamérica, la

Universidad de Extremadura, la Junta de Extremadura, la Diputación Provincial de Cáceres y GRIAPRA.

En el curso se analizaron las principales aportaciones de la Investigación en Percepción del Riesgo, tanto desde el punto de vista teórico como metodológico. Se destacaron los resultados que la disciplina ha arrojado desde sus orígenes hasta la actualidad, apuntando las cuestiones críticas susceptibles de futuros estudios.

En primer lugar se presentaron las aportaciones desde la Psicología y, más en concreto, desde el denominado Paradigma Psicométrico. Se revisaron las conclusiones derivadas de las investigaciones realizadas en los últimos veinte años, clasificados en los siguientes apartados: estructura de la percepción, diferencias individuales, estudios transnacionales y comparaciones público/expertos. Se dedicó una sesión a los procedimientos estadísticos típicos del Paradigma, especialmente a la regresión lineal múltiple, análisis factorial y escalamiento multidimensional.

A continuación se sintetizaron las aportaciones realizadas desde otras ciencias sociales, en particular, la Teoría Cultural, la Teoría de la Amplificación Social del Riesgo y los Marcos de Referencia Expertos-Público. En este segundo bloque, de carácter eminentemente teórico, se destacaron los aspectos que parecen configurar el futuro de la investigación en esta área. Las tres aproximaciones presentadas ofrecen un importante potencial teórico aunque aún no han podido verificarse empíricamente.

Por último, a modo de caso práctico, se presentó uno de los Proyectos de Investigación realizado por el profesorado, en el que se aplicaron los diversos enfoques teóricos y metodologías previamente expuestos.

La dinámica del curso fue ágil y participativa, siendo frecuentes las intervenciones de los asistentes.

Jornada Científica sobre Radiación y Sociedad

El día 7 de Mayo tuvo lugar en Madrid, en el marco del Salón de Actos del

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Jornada Científica sobre "Radiación y Sociedad, la comprensión del Riesgo Radiológico".

Este encuentro, organizado por la SEPR, en colaboración con el CSIC y el CSN, y patrocinado por ENRESA, UNESA y GRIAPRA, reunió a numerosos expertos nacionales así como a profesionales integrantes de distintas instituciones interesadas en la percepción y comunicación del riesgo.

El objetivo de esta jornada era el de reunir en un único foro a expertos en el uso pacífico de las radiaciones y su protección, y a profesionales en comunicación social para establecer vías que permitan mejorar la transmisión de una correcta información científica

La mesa de inauguración de la Jornada fue presentada por Teresa Mendizábal, en representación de Cesar Nombela, Presidente del CSIC, quien pronunció unas palabras de bienvenida que hacían hincapié en el esfuerzo de quienes aportan caminos e iniciativas para conseguir una mejora en las tareas de transmitir la información al público y animando a los participantes a continuar haciéndolo en el futuro.

A continuación, el Presidente de la SEPR, Xavier Ortega destacó en su saludo la gran importancia de la participación de los profesionales en este tema de gran actualidad y expresó su especial agradecimiento a los organizadores.



La apertura estuvo a cargo de Juan Manuel Kindelán (centro). A su derecha Xavier Ortega y a su izquierda Teresa Mendizábal

Por último, Juan Manuel Kindelán, Presidente del CSN, reafirmó la importancia de esta Jornada, dada la intensa percepción social que existe sobre el riesgo radiológico y su transmisión al público, y agradeció el apoyo a las distintas instituciones por la organización de esta reunión.

Durante la primera parte de la Jornada, los ponentes realizaron una presentación y un análisis de los problemas que suscitan en la sociedad la preocupación por el riesgo y la seguridad.

La primera ponencia, "El análisis de la percepción social del riesgo como paso previo a los procesos de comunicación", fue expuesta por Rosario Martínez Arias, Catedrática del Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento (Facultad de Psicología de la UCM). En ella resumía los resultados de veinte años de investigación que cronológicamente comienzan con un cambio de actitud social (conformista-religioso), con la consiguiente demanda a los gobiernos de un mayor control de riesgo; posteriormente el clima político aumenta la participación del público en el proceso democrático y adquiere presencia en la toma de decisiones; así, la seguridad industrial pasa a ser un tema de interés social.

La publicidad en los medios de comunicación, los movimientos ecologistas y el deterioro de la credibilidad de los Gobiernos originan una demanda de información general social, porque el público "quiere saber".

Pero la percepción del riesgo varía entre individuos y grupos, por ello es muy importante que las personas con conocimiento del riesgo radiológico sean fuente y emisores de mensajes, de tal manera que al asignar responsabilidades a la información sea preciso tener en cuenta la credibilidad de los fuentes.

La segunda ponencia fue presentada por Arturo Lorena, Presidente de la Asociación de Periodistas de Información Ambiental, "Riesgo Radiológico e Información", que centró su intervención en cómo percibe la sociedad la preocupación por el riesgo, y qué fuentes son para el público las más creíbles; actualmente se asigna mayor fiabilidad a los grupos ecologistas y medios de comunicación que a los propios expertos, ¿quiere esto decir que no se está haciendo bien?

Conclusiones de un reciente estudio indican que los máximos riesgos radiológicos para la población se han clasificado en el siguiente orden: residuos radiactivos, bombas atómicas y centrales nucleares,

siendo las de menor riesgo: la utilización de rayos X, el radón y las radiaciones naturales.

Por último, el periodista Secundino González, con su inefable sentido del humor, desarrolló el tema correspondiente a "Radiactividad y mensajes claros" ofreciendo a todos los participantes la visión que tiene un profesional acerca de la comunicación y su importancia en todas las actividades humanas, especialmente en una materia tan compleja como es el mundo nuclear.

Insistió en lo positivo de transmitir mensajes claros, recordando algunas anécdotas aparecidas en los medios de comunicación que despertaron la sonrisa de los presentes, concluyendo animadamente esta primera parte de la Jornada.

Mesa Redonda

Una vez finalizadas las intervenciones, tuvo lugar la mesa redonda, moderada por José María Catalán, Presidente de la Asociación Nacional de Informadores Sanitarios y redactor de Radio Nacional de España. Participaron como ponentes Gustavo Jerez, redactor de la agencia de noticias Servimedia y miembro de la Junta Directiva de la Asociación de Periodistas de Información Ambiental, Pablo Francescutti, redactor del Diario La Razón y miembro de las asociaciones de Periodismo Científico y de Informadores de la Salud, Fátima Rojas, periodista y asesora de comunicación del Consejo de Seguridad Nuclear, Jorge Lang-Lenton, Director de Comunicación de ENRESA, y Lucila Izquierdo, Secretario General de Relaciones Externas e Institucionales del CIEMAT.

Los miembros de la mesa centraron su intervención en buscar una respuesta a la pregunta que a todos ellos se les había planteado: ¿cuáles son las circunstancias que pueden condicionar la información relativa a los riesgos radiológicos?. Para Gustavo Jerez, la información científica tiene "poco que hacer" frente a la importancia permanente de la política, incluso en temas como los relacionados con la protección radiológica o la energía nuclear, que son, como él define, muy "agradecidos" en la redacción ya

que pueden acaparar la atención de un redactor jefe.

En general, al periodista político o al económico no se le exige que eduque, mientras que al ambiental o al científico sí, cuando para el ponente se debería dar prioridad a la información ante cualquier otro aspecto. Con relación a la pregunta formulada inicialmente, afirma que el atractivo que puede tener dar una información está motivado en el impacto que puede tener un accidente, la oposición que existe en la sociedad hacia la energía nuclear, y el importante debate abierto en torno a los residuos de alta actividad.

Por su parte, Pablo Francescutti enfocó la pregunta en la historia del átomo bueno y el átomo malo. Desde el punto de vista de la objetividad periodística, tan malo es un extremo como el otro. Esta estructura dual en las percepciones sigue estando en pie, bastaría con que el viento soplará en otra dirección para que el péndulo volviera a oscilar y lo que hoy consideramos pernicioso pasase a ser saludable. "Por ello, los periodistas debemos huir del blanco y negro, ya que las realidades científicas son habitualmente grises. Luchar contra esas dicotomías no es fácil ya que supone un combate contra una práctica sembrada por las empresas, el público y nosotros mismos".

Fátima Rojas ilustró su presentación con casos y ejemplos, muchos de ellos referidos a las noticias aparecidas con relación al incidente ocurrido en la planta de Acerinox, en los que se evidenció la importancia de los titulares en la prensa escrita. "Entendemos el desaliento de los técnicos cuando se publican informaciones no correctas", pero es necesario dar la mayor cantidad de información posible. Por otra parte, asegura que la percepción del riesgo no tiene nada que ver con la complejidad técnica de



Un momento de la Mesa Redonda

los hechos, ya que en la actualidad los mayores problemas de comunicación con los que se enfrenta el Consejo no están relacionados con las centrales nucleares sino con los pararrayos, fuentes perdidas o situaciones que no se entienden y no se asumen, aunque técnicamente no tengan importancia, y es sobre ellas sobre las que hay que informar.

Jorge Lang-Lenton hizo referencia a una encuesta realizada por ENRESA, según la cual el 63% de la población considera que la radiación, de cualquier tipo, está causada por el hombre, y el 50% cree que si una persona se expone a una cantidad de radiactividad, por pequeña es ésta sea, se muere por ello. Esto no hace más que indicar que hay que actuar y llevar a cabo una buena comunicación, pero para ello hacen falta actitudes y actividades tanto por parte de los medios de comunicación como de las fuentes de información. Insistió en la formación de los profesionales de la información que permita una especialización y, en consecuencia, un mayor rigor en la información. Por parte de la entidad fuente de la noticia, debe tener una enorme claridad en la información, asumir que todo se puede comunicar, por muy complejo que sea, tener una disponibilidad constante hacia los medios y un conocimiento personal de los profesionales de la información.

Para Lucila Izquierdo, los técnicos tienen que hacer un gran esfuerzo de comunicación, pero reconoce que es muy difícil transmitir con claridad la tremenda complejidad asociada al hecho nuclear, ya que las propias definiciones son complejas. Por lo tanto, para facilitar la comunicación se debería intentar simplificar el mensaje pero no sólo en cuanto a su transmisión sino a la definición del propio concepto. Por otra parte, siempre se intenta hablar de las radiaciones ionizantes, que son beneficiosas, pero en la mente de las personas está siempre presente la energía nuclear, que se asocia a las armas nucleares en una sociedad que pretende ser pacifista, y a una gran concentración de poder que no está bien vista. Cualquier situación que contribuyera a que la energía nuclear fuera más accesible y se viera desvinculada a estos dos polos negativos contribuiría a facilitar el mensaje.

Una vez finalizadas las intervenciones de los miembros de la mesa, tuvo lugar un interesante coloquio en el que se hizo hincapié en la necesidad de insistir en una mayor y mejor comunicación, aún reconociendo sus dificultades.



La clausura estuvo a cargo de José María Catalá y Xavier Ortega

En la clausura, el presidente de la SEPR, Xavier Ortega, se mostró partidario de celebrar otras jornadas de este tipo, ya que el intercambio de ideas y experiencias es fundamental para una mejor comunicación. Finalmente agradeció el apoyo brindado por los patrocinadores y por el propio CSIC como anfitrión de la jornada, dando por clausurado el acto.

Reunión sobre expertos cualificados en Protección Radiológica

El establecimiento de los requisitos a exigir a los Expertos Cualificados, definidos en la Directiva (96/29) del EURATOM sobre Normas Básicas relativas a la Protección Sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos de las Radiaciones Ionizantes, está resultando difícil de consensuar por los países que integran la Unión Europea (UE). Así se ha puesto de manifiesto en el marco del Artículo 31 y en la reunión de los Presidentes de las diferentes Sociedades de Protección Radiológica de la UE celebrada el pasado mes de octubre.

Estos últimos promovieron la creación de un grupo de trabajo que ha tenido la primera reunión en el mes de mayo en Bruselas y a la que han asistido representantes de las Sociedades de Protección Radiológica de Alemania, Austria, España, Francia e Italia. España estuvo representada por María Teresa Ortiz y se trataba de recoger las opiniones de expertos de las distintas Sociedades, con

independencia del marco regulador actualmente establecido en la legislación de cada país.

La dificultad de llegar a un consenso viene determinada por la doble figura de expertos cualificados de protección radiológica y de expertos que trabajan con radiaciones que pueden tener cierta competencia en materia de protección radiológica. Estos últimos son los que actualmente en España se definen como operadores y supervisores de las instalaciones radiactivas y nucleares.

Durante la reunión se clasificaron las instalaciones donde podrían actuar los expertos cualificados en el Área Nuclear y en el Área No Nuclear (Sanidad, Investigación y Formación, Industria y Aceleradores) y se definieron los distintos conceptos para cualificar al experto como: Nivel de Estudios, Profesión, Formación en Protección Radiológica, Experiencia Profesional y Cualificación de la Autoridad Reguladora.

Los trabajos del grupo continuarán el próximo mes de octubre, con la elaboración de una propuesta sobre requisitos, actuaciones y funciones de los expertos en trabajo con radiaciones y de los expertos cualificados en protección radiológica, para que sea tenida en cuenta en la redacción del documento base de aplicación de la Directiva (96/29).

Curso sobre transporte de material radiactivo

La formación y la actualización de conocimientos de los trabajadores de las instalaciones radiactivas y nucleares españolas, así como de las empresas que realizan el transporte entre las mismas, siempre han sido consideradas como un factor primordial para garantizar su seguridad y para que el impacto radiológico, tanto en los trabajadores profesionalmente expuestos como en el público en general y el medio ambiente, sea lo más bajo posible.

Partiendo de este principio, la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), consideró conveniente poner en marcha un Curso sobre el Transporte de Material

Radiactivo por Carretera, con el objetivo de proporcionar una adecuada actualización a todos los profesionales implicados en el transporte de material radiactivo. Para alcanzar este objetivo se identificó la necesidad de contar con la colaboración de un organismo acreditado y con experiencia en la organización de este tipo de cursos como es el Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT.

Esta inquietud cristalizó en la impartición de un curso piloto en el año 1998, en la que colaboraron expertos del Consejo de Seguridad Nuclear, Protección Civil, CIEMAT, ENRESA, ENUSA, UNESA, Centrales Nucleares, Express Truck, AdQ y Nuclear Ibérica.

Del 7 al 11 de junio de 1999 ha tenido lugar la 2ª edición del Curso sobre Transporte de Material Radiactivo, organizado por la SEPR, en colaboración con el Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT y UNESA, y con el patrocinio del CSN, ENRESA y ENUSA.

Este curso ha contado con alumnos del Ministerio de Defensa, CSN, ENRESA, ENUSA, CN Cofrentes, CN Vandellós II, CN Ascó, Lainsa, Ferrocommodities, ETSA y la Universidad de La Laguna.

En esta edición del curso destaca la publicación del libro "Curso de Transporte de Material Radiactivo", que recoge todas las materias tratadas en el mismo y sirve de referencia para las futuras ediciones del Curso.

El libro se ha dividido en varios módulos, definiendo los objetivos y el contenido necesario para el desarrollo del curso al nivel adecuado y con una extensión razonable. Los módulos en que se ha dividido y que da cuerpo al contenido del curso, son:

- Marco legal
- Terminología: Materiales y tipos de bultos

- Disposiciones administrativas
- Garantía de Calidad
- Salida, transporte y recepción de material radiactivo
- Emergencias
- Responsabilidades
- Futura reglamentación.

El curso ha tenido un enfoque teórico-práctico. Para ello, el primer día los alumnos han sido distribuidos en Grupos de Trabajo y se les ha presentado un caso práctico recogiendo una situación de transporte de material radiactivo. A cada miembro de los Grupos de Trabajo se les ha asignado una función relacionada con un transporte de material radiactivo (Organismo Regulador, Garantía de Calidad, Transportista, PR). El viernes por la mañana se ha dedicado al análisis, resolución y presentación del caso práctico, realizando posteriormente intercambio de opiniones y conclusiones.

La buena acogida de esta 2ª edición del curso incita al Comité Organizador a trabajar en la organización de una 3ª edición para el año 2000.

Fe de erratas

En la página 22 del número 20 de RADIOPROTECCIÓN se deslizaron dos erratas que se indican a continuación:

Tabla 1. Dosis controlable, columna Criterio actual: dice "Nivel de Investigación NI para la renuncia"; debe decir "... para la reubicación".

Final página 22. Dice "El valor podría establecerse en alrededor de 20-30 μ Sv en un año"; debe decir "...20-30 mSv en un año".

VIII Congreso de SEPR

27-29 de septiembre de 2000
Maspalomas. Gran Canaria

La organización del VIII Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica avanza con rapidez. Este número de Radioprotección incluye el programa preliminar, con los datos más destacados.

Reproducimos seguidamente la carta enviada por Roberto Martín Oliva, Presidente del Comité Organizador, a todos los socios a través de la Revista.

El VIII Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica, al igual que los precedentes que se desarrollaron en Barcelona, Córdoba, etc., pretenden ser un marco abierto que estimule la participación y confrontación de experiencias dentro de la Protección Radiológica.

El lema de este Congreso "Implicaciones de la normativa europea en la protección radiológica: el nuevo marco legislativo español", permite reflejar el espíritu del mismo y de sus relaciones en las diferentes áreas de acción: sanidad, industria y energía, gestión de residuos, formación, etc., que a través de su discusión y análisis nos animará a mejorar las medidas de la protección radiológica en todos los ámbitos.

Para ello se han programado una serie de actividades conexas que puedan satisfacer al amplio espectro de profesionales que acudan a este Congreso.

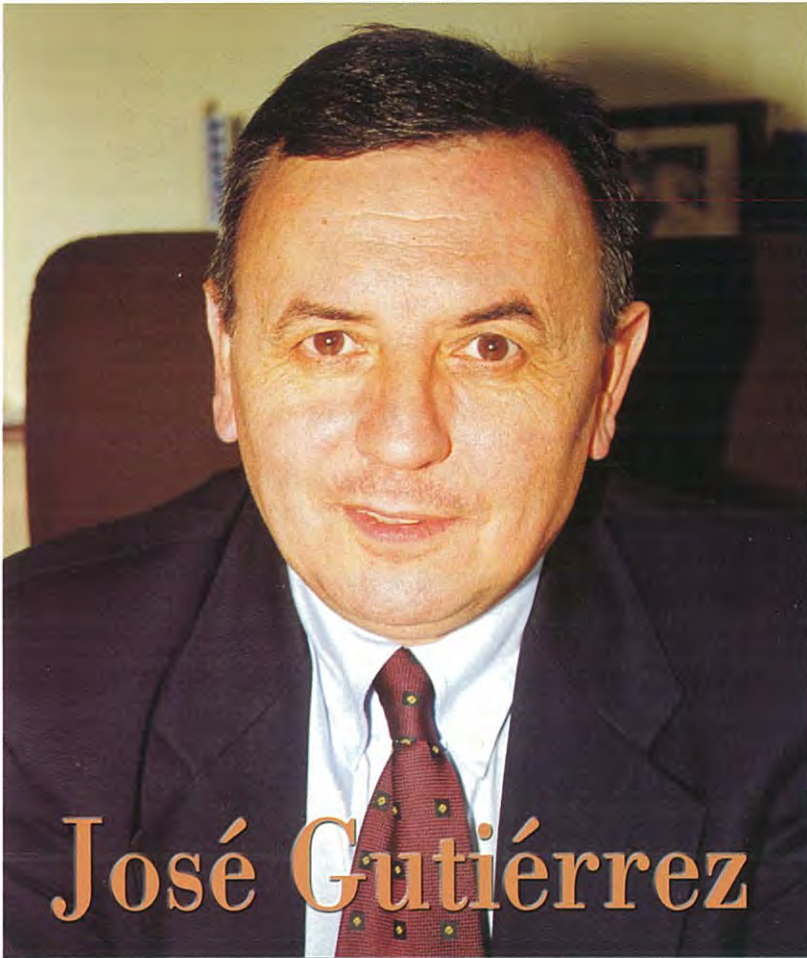
El tema principal de este Congreso se desarrollará a través de conferencias magistrales, comunicaciones orales, posters y cursos de actualización sobre temas relevantes de gran interés, que junto con los coloquios nos permitirán conocer el estado actual de la PR en España y las perspectivas futuras.

Las mesas redondas de debate, divididas en series temáticas y la presencia de los ponentes más prestigiosos del país permitirán la exposición y discusión de las diferentes áreas dentro de la PR.

Además de todo esto el Congreso se celebrará en el Centro de Convenciones de Maspalomas, en el incommensurable marco de la isla de Gran Canaria, con una gran infraestructura turística, que permitirá disponer de unas ofertas de viaje muy atractivas, y con una temperatura paradisiaca a finales del mes de septiembre del año 2000.

Es sin duda una cita obligada para aquellos profesionales que tengan interés no solamente en observar el nivel de desarrollo alcanzado en la PR, sino además en analizar lo que el futuro próximo nos va a demandar dentro de este campo.





José Gutiérrez

Director del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía del CIEMAT

La investigación es una de las líneas de trabajo fundamentales en el desarrollo de la protección radiológica.

Con una trayectoria profesional que supera los veinticinco años, nuestro entrevistado es uno de los profesionales más reconocidos en esta área, en la que ha desarrollado su actividad desde 1973.

Director del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía, DIAE, del CIEMAT y representante nacional en comités internacionales de expertos, José Gutiérrez es también un activo colaborador de la SEPR, en la que preside el Comité Científico de esta Revista, formando también parte de su Comité de Redacción.

LOS PRIMEROS AÑOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La historia de la protección radiológica en España discurre paralela a la trayectoria de la Junta de Energía Nuclear. Esta institución tuvo sus orígenes en los comienzos de la década de los cincuenta, y se hizo cargo de todas las actividades que entonces se desarrollaban en el ciclo del combustible nuclear. José Gutiérrez hace referencia a esa historia que «se inició con la prospección de la minería del uranio, comenzando los estudios para enriquecer el mineral en su proceso hasta convertirse en combustible para las centrales nucleares, que ya empezaban a planificarse como medio de producción de energía eléctrica. Pronto se introdujeron ciertas prácticas de protección radiológica para los trabajadores que estaban en todas estas instalaciones del ciclo del combustible nuclear. Hay que tener en cuenta que en aquel entonces no había ningún otro lugar en España donde se realizaran actividades de este tipo, no había aún prácticas médicas, salvo los primeros equipos de rayos X, que implicaran el uso de radiaciones, por lo que se puede ver que, efectivamente, la historia de la protección radiológica es la del nacimiento y evolución de la Junta de Energía Nuclear.»

Los años setenta significaron un cambio importante. Había comenzado algunos años antes la explotación de las primeras centrales nucleares en España, y su funcionamiento requería acciones de protección radiológica. Fue en esos años cuando esta actividad

salió del entorno de la propia JEN para aplicarse a otras instalaciones. «En aquellos años, la protección radiológica estaba ya bien establecida en el ámbito internacional y España se beneficiaba del desarrollo internacional y de su aplicación a escala nacional.»

A lo largo de la década de los setenta, la JEN tenía competencias en todas las etapas y actividades relacionadas con el mundo nuclear. Desde la investigación, pasando por la prospección del uranio, hasta la seguridad nuclear y la protección radiológica, por lo que, al igual que en otros países, se empieza a plantearse que es conveniente separar tales competencias. «Comenzó a pensarse que no se podía ser "juez y parte"

en todas las actividades del mundo nuclear, por lo que se empiezan a separar las actividades. La primera actuación en esta línea es la creación de ENUSA, que se hace cargo de las actividades de prospección, minería y tratamiento del uranio. A este cambio sigue la creación del Consejo de Seguridad Nuclear, que asume las competencias en materia de seguridad y protección radiológica y, finalmente, se crea ENRESA, con responsabilidad en la última parte del ciclo del combustible, es decir, el tratamiento y gestión de los residuos.

»De esta forma, a principios de los años ochenta la JEN pasa a ser un organismo de investigación que amplía sus facultades en el campo de la investigación a energías renovables, combustibles fósiles y otros campos de la energía. En el año 85 se cambia el nombre, puesto que el objetivo superaba claramente las actividades exclusivamente nucleares, y desde entonces la trayectoria ha sido cada vez más expansiva en cuanto a abordar proyectos de investigación contrastados a escala nacional e

sables de protección radiológica de los distintos sectores, centrales nucleares, centros hospitalarios, instalaciones radiactivas industriales o de investigación, etc., así como una gran cantidad del personal operador de estas instalaciones, se ha formado allí y se sigue formando en el actual CIEMAT.»

EL DIAE

Las actividades de protección radiológica en el CIEMAT están claramente diferenciadas. Cuando, en los años ochenta se consolidaron los departamentos con funciones exclusivas de I+D, el servicio de protección radiológica dedicado al control de las actividades propias del Centro pasó a depender de la entonces Secretaría General Técnica, actual Secretaría General de Relaciones Externas e Institucionales. Las actividades de I+D en el área de protección radiológica se enmarcan en el DIAE, creado en 1983.

«Actualmente, el CIEMAT, a través de su Departamento de Impacto Ambiental de la Energía (DIAE), tiene como objetivo el desarrollo de actividades dirigidas a facilitar la compatibilidad entre la actividad industrial, fundamentalmente la energética, y la preservación de la salud y el medio ambiente. Obviamente, la protección radiológica se incluye en este contexto y constituye una parte



Teresa Navarro, Paloma Marchena, Matilde Pelegrí y José Gutiérrez durante la entrevista

internacional. En estos momentos, el gran porcentaje de nuestras actividades está enmarcado en proyectos internacionales, tanto en el área nuclear como en las demás áreas de investigación.»

LA FORMACIÓN

Para José Gutiérrez, la formación es fundamental. «Conviene destacar que, en paralelo a este desarrollo, es en el entonces Instituto de Energía Nuclear -IEN- de la JEN, donde se produce la formación nuclear o radiológica de nivel superior y que la gran mayoría de los respon-



significativa de los esfuerzos y los recursos que el DIAE gestiona. Aunque una gran parte de nuestra actividad en esta área está enmarcada en la I+D, en el CIEMAT se conjugan adecuadamente los esfuerzos en investigación con los dedicados a apoyo técnico y servicios y, como ya he dicho, en el campo de la formación, manteniendo una arraigada trayectoria que puede calificarse de ascendente.»

ASPECTOS DESTACABLES DE LA ACTIVIDAD EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El Director del DIAE hace referencia a los proyectos que el Departamento tiene actualmente en marcha. «En el área de investigación, a título de ejemplo, la participación en el 4º PM de la UE asciende a siete proyectos, sin contar el área de residuos radiactivos, de los 21 en que existe participación española, ejerciendo la coordinación en alguno de ellos y habiendo logrado un Contrato de Asociación con Euratom que agrupa 5 proyectos multinacionales en los que participan 25 organizaciones europeas, en el área de la restauración ambiental después de un accidente nuclear.

»Es importante indicar que la investigación en dosimetría está permitiendo mantener un alto nivel de calidad del laboratorio dosimétrico, actualmente líder en el sector y centro de referencia en España. Los estudios de protección radiológica aplicada al área de gestión de residuos están también en la vanguardia de su campo de aplicación y se realiza investigación básica en el área de radiobiología. Finalmente,

nuestra participación e integración en grupos y comités internacionales es asimismo significativa, colaborando al desarrollo conceptual de la disciplina de protección radiológica, adaptación de sus recomendaciones, aplicación de las normas, etc.»

“La mayor parte de nuestras actividades de I+D está enmarcada en proyectos internacionales”

OTROS ÁMBITOS DE ACTUACIÓN DEL DIAE

En el Departamento se actúa en otros ámbitos de investigación distintos del radiológico. José Gutiérrez hace una referencia, no exenta de orgullo, de los grupos que «están en la vanguardia de sus respectivos campos.» Debo nombrar aquí al grupo de Biología Molecular y Celular, a la cabeza de la investigación en terapia génica y del conocimiento de los mecanismos de actuación de los contaminantes y de reparación de sus efectos; a los grupos de atmósfera, en vanguardia tanto en el campo de la caracterización como en el de la modelización de la contaminación; al grupo de efectos sobre receptores vegetales, verdadero especialista en la toxicidad del ozono, y a los grupos de caracterización hidrogeológica de emplazamientos, cuyo énfasis está puesto en los estudios del Almacenamiento Geológico Profundo de residuos radiactivos, y de comportamiento ambiental de los contaminantes en sistemas geológicos, cuyo trabajo en el estudio de las cargas críticas de acidez para ecosistemas mediterráneos ha su-

puesto una gran aportación al Convenio de Ginebra y con actuaciones en el campo de la recuperación de suelos contaminados.

»En resumen, la actividad del Departamento se organiza en nueve Proyectos CIEMAT, relacionados con los campos antes mencionados. En general, puede decirse que el conocimiento del comportamiento de los contaminantes en el medio y las metodologías de análisis y evaluación de efectos pueden ser aplicables desde el ámbito radiológico al convencional, y viceversa, lo que produce una sinergia beneficiosa en la colaboración entre grupos.»

LA AUTOFINANCIACIÓN

Las necesidades de financiación afectan también a las actividades de I+D. Nos informa José Gutiérrez que, «además de su estructura básica de funcionamiento, el CIEMAT se organiza por proyectos, que deben autofinanciarse en lo posible. El presupuesto actual del Centro es de aproximadamente de 10.500 millones de pesetas, de los cuales sólo 6.500 proceden de los Presupuestos Generales del Estado. El resto, que supone entre el 35 y el 40%, procede de la financiación que estos proyectos deben conseguir a través de los diferentes foros de financiación existentes. Específicamente, en el campo de la protección radiológica, los tres foros más importantes a los que acudimos son la Unión Europea, dentro de su programa de Euratom, y los Programas de I+D del CSN y ENRESA. Por otra parte, respecto de las actuaciones en apoyo técnico y servicios, la facturación, como parámetro

significativo, ascendió el pasado año a unos 80 millones de pesetas.»

EL FUTURO DE LA I+D

Para José Gutiérrez, «la protección radiológica tiene un marco conceptual sólido y universalmente aceptado. No obstante, es un campo dinámico en el que continuamente se abren procesos que tienden a mejorar y esclarecer aspectos de compleja aplicación y, obviamente, a incorporar los avances y desarrollos científico-técnicos que puedan modificar la base científica del sistema general y sus aplicaciones.

»En particular, en el área de la radiobiología, y concretamente en biología molecular y epidemiología, están identificadas líneas de investigación que tienen que ver con el debate sobre el uso de la hipótesis de linealidad sin umbral de la relación dosis-efecto como modelo práctico para regular la protección. Entre ellas hay que destacar el propio estudio de la citada relación dosis-efecto, la causalidad del efecto, o posibilidad de atribuir el efecto a un determinado agente agresor, la susceptibilidad genética a la aparición de cáncer y la interacción de múltiples agentes en la producción de efectos combinados.

»En el área conceptual, se está iniciando el debate sobre si la aproximación tradicional, representada en las actuales recomendaciones que ponen el énfasis en el beneficio y el daño colectivos, aplicando restricciones de dosis en la optimización y limitando la dosis para la prevención de riesgos inaceptables a cada individuo, puede ser reemplazada por otra que ponga el énfasis en la protección

sobre el individuo, mediante la adecuada restricción de fuentes que puedan ser razonablemente controladas. Este análisis es la base del documento producido por el profesor Clarke, publicado por esta revista en su anterior número.

“Debemos promover una mayor dedicación a los aspectos conceptuales y no sólo a la aplicación de procedimientos ya establecidos”

»Finalmente, no debe olvidarse el problema que plantea la recuperación de áreas contaminadas como resultado de antiguas prácticas no reguladas concernientes a la gestión de varias formas de residuos, en especial los que contienen materiales radiactivos naturales con concentraciones reforzadas por procesos industriales no nucleares, la aplicación de recomendaciones de protección radiológica al almacenamiento de residuos sólidos de vida larga y la protección del público en situaciones prolongadas de exposición a la radiación.»

LAS POSIBLES MEJORAS EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Dentro de este análisis de la evolución de la protección radiológica, nuestro entrevistado hace referencia a los aspectos mejorables en esta área. «Evidentemente, siempre hay cosas por hacer y por mejorar. Yo echo en falta, en nuestro país, más grupos capaces de realizar evaluaciones. Esto se corresponde con una carencia en la dedicación a los aspectos conceptuales y un mayor énfasis en la

aplicación de procedimientos ya establecidos.

»Por otra parte, los grupos y capacidades experimentales están muy dispersos y son claramente mejorables potenciando la colaboración tanto en proyectos nacionales como multinacionales. De cualquier forma, es necesario recalcar los aspectos positivos y en esto no puede dejar de reconocerse la aportación que ha supuesto al panorama nacional de investigación la puesta en marcha del Plan de I+D del CSN en 1996 que, complementado con el Plan de ENRESA, centrado en los aspectos de protección en el área de residuos radiactivos, han supuesto la consolidación de un foro de financiación de investigación y de aportación de conocimiento y soluciones a la realidad específica de nuestro país. Además, este año la iniciativa ATYCA del Ministerio de Industria ha incluido, dentro del Programa Tecnológico de Investigación y Desarrollo Energético, líneas de actuación en materia de protección radiológica ambiental y de la población, así como de metodologías para el análisis del impacto ambiental asociado a la gestión de residuos radiactivos.»

UN CASO PARA LA POLÉMICA

Teniendo en cuenta la repercusión que ha tenido en la prensa un supuesto caso de contaminación radiactiva en el CIEMAT, José Gutiérrez aclara que «se trata de una nave que fue utilizada, en su día, para tratamiento de minerales de uranio natural y, por ello, estuvo clasificada como instalación radiactiva hasta 1991, momento en que fue desclasificada. En 1997 se decidió utilizar la nave para otros



usos convencionales y se procedió a su recuperación. Como es práctica habitual en todas las instalaciones que fueron en su día radiactivas, estas operaciones se iniciaron con la supervisión del Servicio de Protección Radiológica, que detectó puntos con alguna contaminación residual de uranio natural, que no representaban, en términos de dosis, ningún riesgo para las personas ni para el medio ambiente, y así lo confirmó el CSN, tras la pertinente inspección. El Servicio de Protección Radiológica ha estado permanentemente vigilando no sólo los trabajos de limpieza sino también los valores de dosis ambiental y los posibles riesgos para los trabajadores u otras personas que circularan por la zona, sin detectar ningún nivel de riesgo. Además, se ha realizado un informe de evaluación por un grupo de expertos que obtiene similares con-

clusiones a las citadas de ausencia de riesgo.»

LA REVISTA Y SU COMITÉ CIENTÍFICO

Nuestro entrevistado colabora muy directamente con nuestra Revista, no sólo como miembro del Comité de Redacción sino, fundamentalmente, como Presidente del Comité Científico.

José Gutiérrez afirma que «nuestra revista RADIOPROTECCIÓN está atravesando una fase de consolidación en la que es preciso contar con el esfuerzo, no sólo de los profesionales del sector en

“Nuestro objetivo es que la Revista garantice la calidad científica y el equilibrio entre los diferentes sectores de la protección radiológica en España”

sus diferentes áreas, sino, de manera muy especial, de todo el Comité Científico para garantizar la continuidad de artículos y su calidad. En este sentido, creo que hemos contado con aportaciones muy valiosas, tanto en contribuciones invitadas como en artículos de producción nacional. En el futuro inmediato se intentará comprometer a los miembros del Comité para que, bien personalmente o a través de los profesionales del sector que representan, envíen uno o dos artículos que garanticen no sólo la continuidad y calidad de la publicación, como decía antes, sino también el necesario equilibrio entre los diferentes sectores implicados en este campo, todos ellos representados en la Sociedad Española de Protección Radiológica.»

NORMAS DE PUBLICACIÓN

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Los artículos deberán cumplir las siguientes normas técnicas:

1. Originales

- El idioma de la revista es el castellano
- El trabajo original tendrá una extensión máxima de 10 páginas (cuerpo 12, interlineado sencillo). Los gráficos, dibujos y fotografías se consideran aparte.
- Los trabajos se entregarán en diskette, con tres copias en papel. Se utilizará un tratamiento de textos estándar (word, wordperfect).
- Las fotografías deberán entregarse en original (papel o diapositiva). Las imágenes digitalizadas deberán tener una resolución superior a 300 ppp. En caso contrario, se entregarán en papel.

2. Título y Autores

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

3. Resúmenes en castellano y en inglés

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

4. Texto

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

5. Referencia Bibliográfica

Se presentarán según el orden de aparición en el texto, con la correspondiente numeración correlativa. Se utilizarán las abreviaturas recomendadas en el Chemical Abstracts y en el Index Medicus.

6. Ilustraciones y Tablas

Los gráficos y las fotografías irán numerados en números arábigos, de manera correlativa y conjunta, como figuras. Las tablas se presentarán con la numeración en números romanos y el enunciado correspondiente; las siglas y abreviaturas se acompañarán de una nota explicativa a pie de página.

Organización de la Respuesta en el Exterior ante Emergencias Nucleares en Alemania

A. Bayer, H. Korn, S. Bittner

Oficina Federal de Protección Radiológica. Instituto de Higiene de las Radiaciones. Oberschleisheim (Alemania)

RESUMEN

Alemania posee 19 centrales nucleares en operación con una potencia eléctrica instalada de 22.149 MW que contribuyen a un tercio del suministro de energía eléctrica del país. A causa de la estructura federal de Alemania, tanto los estados individuales (Länder) como la federación (Bund) están involucrados en la gestión externa de las emergencias nucleares. Los estados son responsables de la respuesta ante el accidente con medidas tendentes a prevenir los efectos agudos de la radiación y a reducir el riesgo estocástico de las altas dosis, principalmente en los alrededores de las instalaciones nucleares. La federación es responsable de las medidas de protección radiológica que reducen el riesgo colectivo. Los estados disponen alrededor de las centrales nucleares (en un radio de 25 km) de Sistemas de Vigilancia Remota (KFÜ), mientras que la federación posee un Sistema Integrado de Información y Medida (IMIS). Ante un accidente, las autoridades estatales y federales toman sus decisiones y ponen en marcha las correspondientes medidas de emergencia dentro de sus dominios de actuación y responsabilidad. Al mismo tiempo existe entre ambos niveles un intercambio de información y coordinación de las medidas de protección. Los estados son responsables de la realización de simulacros de control de las emergencias y la federación de los ejercicios de medidas de protección. (Ambas organizaciones realizan de forma conjunta los ejercicios INEX-1 e INEX-2 promovidos por la Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE como los primeros ejercicios comunes de los estados y de la federación.)

SUMMARY

Nineteen nuclear power plant units with an electric power capability of 22.149 MW are in operation in Germany; they contribute one-third of the total electric power supply. Because of the federal structure of Germany, both the individual states (Länder) and the federation (Bund) are involved in the task of off-site emergency management. The states are responsible for the disaster response, which includes measures that prevent acute radiation damage and reduce the risk as the result of high doses, mainly in the near vicinity of nuclear facilities. The federation is responsible for radiation precaution measures that reduce collective risk. The states have site-related Remote Monitoring Systems for Nuclear Power Plants (KFÜ) (within ~ 25 km), whereas the federation has a nationwide Integrated Measurement and Information System (IMIS). In the event of an accident, the state and federal authorities make their decisions and implement the corresponding emergency measures within their domains of task and responsibility. At the same time, there is an exchange of information and coordination of measures between both levels. The states are responsible for the performance of disaster control exercises, and the federation is responsible for precautionary exercises. (Both perform the INEX-1 and INEX-2 exercises initiated by the Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency as the first common exercises of the states and the federation.)



INTRODUCCIÓN

Alemania empezó a utilizar la energía nuclear en los años 60. La mayoría de las centrales nucleares alemanas son reactores de agua ligera a presión o en ebullición. En paralelo, se establecieron las correspondientes instalaciones del ciclo del combustible. El cambio político acaecido en los últimos años, así como el estancamiento en la demanda de energía han ocasionado un retroceso en la construcción de centrales eléctricas en general y nucleares en particular. La central nuclear alemana más moderna se conectó a la red en 1989. En la actualidad existen en el país 19 centrales nucleares en operación con una potencia eléctrica total instalada de 22.149 MW que aportan un tercio del suministro total de energía eléctrica del país. Los emplazamientos de las centrales nucleares alemanas se muestran en la figura 1.

En el contexto de las consideraciones de seguridad para las centrales nucleares, la gestión externa de las emergencias es una de las tareas principales. Dada la estructura federal de Alemania, tanto la federación (Bund) como los estados individuales (Länder) están involucrados en esta tarea. En este artículo se presenta el estado actual de la situación.

GESTIÓN DE LA EMERGENCIA

Estructura y Elementos

La gestión externa de las emergencias nucleares se fundamenta en la definición de las medidas de protección y en la asignación de responsabilidades para llevar a cabo estas tareas. La filosofía de protección se



Figura 1. Emplazamientos de Centrales Nucleares en Alemania.

basa en la mitigación y, en la medida de lo posible, en la prevención de la exposición a las radiaciones. Para la ejecución efectiva e inmediata de las medidas de protección, es necesario desarrollar un sistema operacional de protección de emergencia que incorpore las siguientes características:

- una organización responsable de la planificación apropiada de las medidas de emergencia y, si se requiere, de su aplicación,

- sistemas técnicos de vigilancia de la radiactividad para la evaluación de los resultados obtenidos y en apoyo a la toma de decisiones,

- medios y recursos materiales para el aviso y la pronta notificación del público,

- medios y recursos materiales para la puesta en marcha de las medidas de protección,

- una unidad organizada con los necesarios medios materiales para

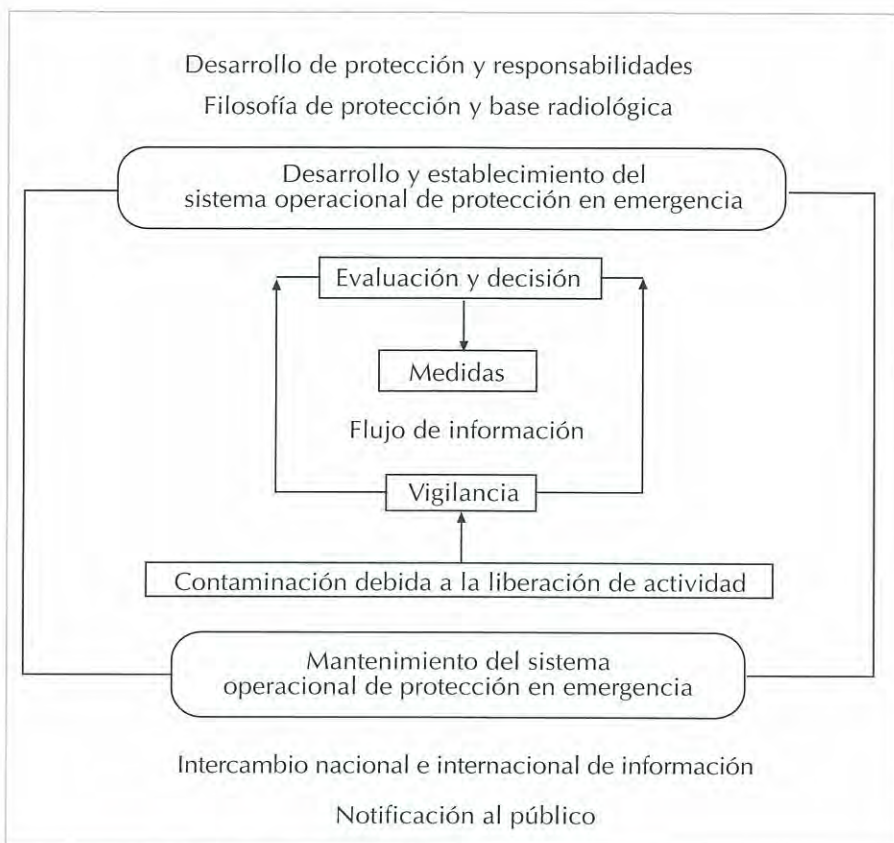


Figura 2. Componentes del sistema de gestión de emergencias nucleares

la descontaminación y el tratamiento médico de las personas contaminadas.

Ante la descarga accidental en sí misma, con la consecuente contaminación posterior por procesos geofísicos, geoquímicos y biológicos, este sistema operacional puede ser considerado como una especie de "lazo de control". El funcionamiento continuo y eficaz de este sistema operacional se tiene que asegurar. El intercambio nacional e internacional de información facilita una actuación coordinada en caso de emergencia. Finalmente, el suministro de información al público en general es una de las principales tareas de la gestión de la emergencia. Los componentes de este sistema de

gestión de emergencias nucleares se muestran de forma esquemática en la figura 2. [1] [2]

Preparación y Respuesta

La gestión de la emergencia nuclear consiste en dos principales tareas: preparación para un potencial suceso y respuesta en caso de que se produzca. La preparación comprende todas las actividades que confluyen en un sistema "listo para actuar" y que incluyen la planificación y ejecución, mantenimiento y entrenamiento (aprendizaje y ejercicios). La respuesta ante un supuesto accidente se simula y analiza con ejercicios de distintos tipos (pe. escritorio, de centros de emergencia, y simulacros genera-

les). Es necesaria una coordinación total a todos los niveles para lograr una respuesta eficiente ante una emergencia real. Estas tareas se muestran en la figura 3.

RESPONSABILIDADES Y TAREAS DE PROTECCIÓN

La principal tarea de la gestión de la emergencia es proteger a la población de los riesgos de la exposición a las radiaciones ionizantes a consecuencia de una liberación accidental de radionúclidos. Los objetivos y elementos de la gestión de la emergencia se identifican con los principios de protección contenidos en las recomendaciones internacionales, a saber: (1) prevención de efectos deterministas, (2) reducción de los riesgos estocásticos individuales, y (3) reducción del riesgo colectivo a través de medidas de protección complementarias.

Puesto que Alemania es una federación compuesta de 16 estados (Länder), tanto la federación (Bund) como los estados individuales (Länder) tienen asignadas tareas y responsabilidades en la gestión de la emergencia [3]. La figura 4 presenta una visión general de esta organización.

Estados

Los estados son responsables de la respuesta ante emergencias (con un énfasis especial en la respuesta temprana) con medidas destinadas a prevenir los riesgos radiológicos inmediatos y reducir los riesgos estocásticos individuales. Esta responsabilidad está definida en el Acta de Energía Atómica [4] y en la legisla-

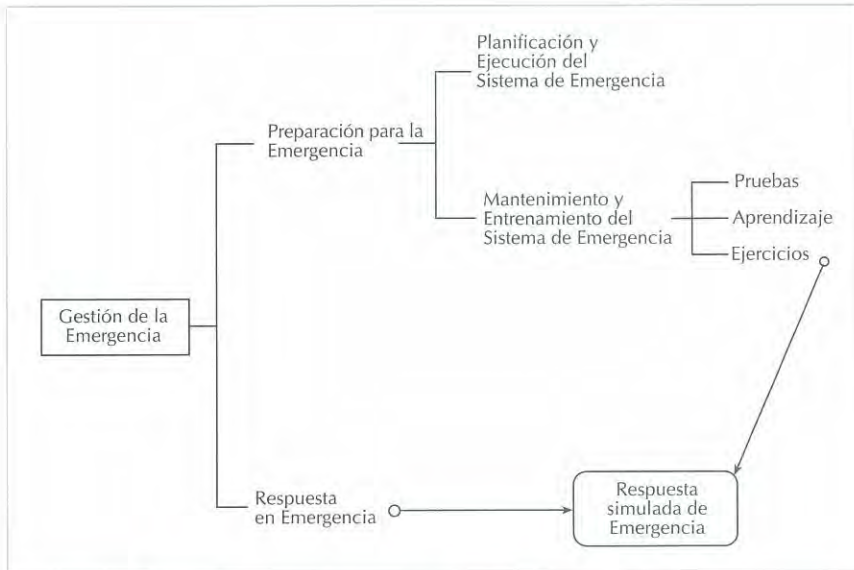


Figura 3. Elementos y estructura del sistema de gestión de emergencias nucleares

estas misiones, los estados disponen de organizaciones específicas de emergencia para cada emplazamiento con equipos de emergencia equipados al efecto.

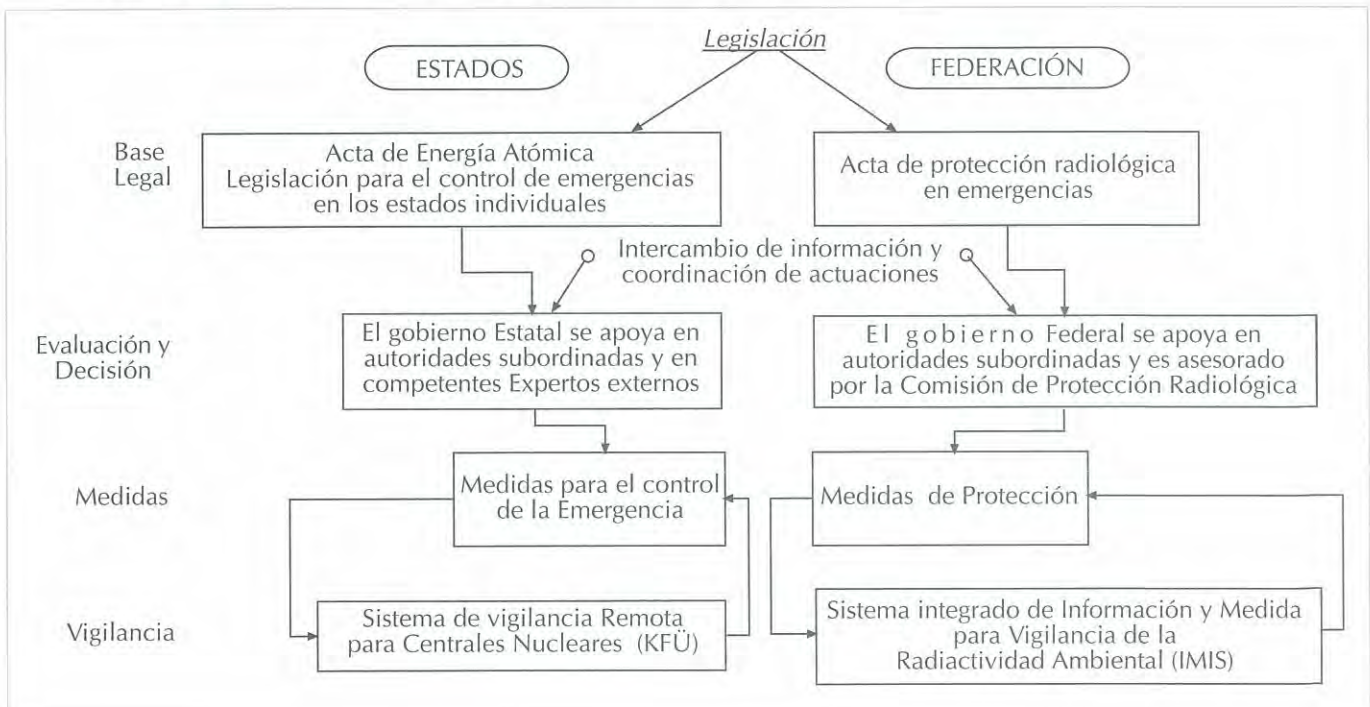
Federación

La federación es responsable de las medidas de protección radiológica - medidas destinadas a reducir los riesgos colectivos - que se aplican en aquellas áreas en las que las dosis previstas están por debajo de las que requieren medidas de emergencia. Esta responsabilidad está definida en el Acta de Protección Radiológica de Emergencia [5], que se publicó después de accidente de Chernobyl (1996). Generalmente las medidas de protección radiológica de emergencia se aplican en áreas

ción de control de emergencias de los estados individuales. Ante un accidente severo, las medidas de con-

trol de la emergencia se aplican generalmente en los alrededores de la central nuclear. Para llevar a cabo

Figura 4. Distribución de competencias y medios del sistema de gestión de emergencias nucleares



geográficamente contiguas a las que requieren una respuesta de emergencia. Las medidas de protección están diseñadas para prevenir situaciones de exposición crónica de la población.

A modo de resumen, la respuesta de emergencia se aplica en las primeras fases del accidente y en el área geográfica mas cercana a la instalación, mientras que las medidas de protección radiológica están mas relacionadas con las fases medianas y tardías del accidente y se aplican en zonas mas alejadas del accidente.

SISTEMAS OPERACIONALES DE PROTECCIÓN DE EMERGENCIA

Los elementos intrínsecos de un sistema operacional de protección en emergencias son la vigilancia, las medidas y evaluación de los resultados obtenidos.

Vigilancia

Estados

Para responder a una emergencia nuclear, las autoridades estatales tienen que ser notificadas de una forma rápida y fiable. La notificación se produce en situaciones de operación potencialmente peligrosas, a raíz de la liberación de grandes cantidades de sustancias radiactivas al medio ambiente o por el aumento de las dosis de radiación en el exterior del emplazamiento. Alemania ha desarrollado un conjunto de criterios de notificación [6] por los cuales la central tiene que notificar a las autoridades gestoras de la emergencia condiciones no usuales de operación, la liberación de ciertas canti-

dades de radiactividad o cuando se han superado en el exterior unos valores prefijados de dosis. Tales criterios son inequívocos pues se derivan de magnitudes accesibles a la medida y lo suficientemente sencillas como para poder ser obtenidas en las condiciones de estrés de una emergencia.

Las autoridades gubernamentales reciben la necesaria información para la toma de decisiones del Sistema de Vigilancia Remota de las Centrales Nucleares (KFÜ). El sistema KFÜ vigila la operación de las instalaciones nucleares así como las emisiones de radiactividad a la atmósfera y a la hidrosfera, variables meteorológicas que permiten determinar la dispersión atmosférica y la concentración radiactiva en agua, aire y tierra alrededor de la instalación nuclear en un radio de 25km.

El sistema de medidas se apoya en un sistema de información computarizado. Los modelos de transporte en agua y aire y los modelos dosimétrico-ecológicos facilitan la evaluación de las medidas obtenidas para determinar las condiciones radiológicas de la situación sobre las que basar las recomendaciones en cuanto a las medidas de protección a aplicar. En operación normal, los datos se transmiten cada 60 minutos a la oficina de Medio Ambiente y desde allí al Ministerio de Medio Ambiente. En situación de emergencia se activa de forma automática una alarma y los datos se transmiten en intervalos de 10 minutos [7],[8].

Federación

Las autoridades federales reciben la necesaria información sobre la radiactividad ambiental a través del

Sistema Integrado de Información y Medidas (IMIS) distribuido por todo la nación y diseñado para medir y evaluar de forma permanente la radiactividad ambiental en todo Alemania.

El sistema IMIS forma parte del plan federal de respuesta ante la dispersión en el medio ambiente de contaminación radiactiva. En tales casos IMIS sirve para que el gobierno pueda evaluar y hacer frente a una emergencia de consecuencias nacionales, como por ejemplo, la alerta ante un incremento anormal de la radiactividad en Alemania. La red de vigilancia que conecta los laboratorios entre si, la desarrollan tanto entidades federales como estatales. La Oficina Federal de Protección Radiológica (BfS) es responsable del sistema de información computarizado a nivel nacional que permite un intercambio rápido de datos y de información entre delegaciones representativas de los ministerios y el Ministerio Federal para el Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) [9],[10],[11].

IMIS consta de los siguientes sistemas.

- Sistema de vigilancia on-line distribuido por todo el país con localizaciones fijas para la medida de la tasa de dosis gamma y la concentración de radionúclidos en aire.
- Sistemas móviles para la medida in-situ a nivel del suelo y en aire de niveles de contaminación.
- Laboratorios especializados para la medida de diversas muestras ambientales como suelo, agua, alimentos y pasto.



- Un sistema de información computarizado que proporciona de forma estandarizada y completa, todos los datos e información necesarios a los centros partícipes de IMIS.

- Modelos de transporte capaces de predecir a grandes distancias la dispersión de la nube radiactiva y la consiguiente contaminación del suelo, agua y aire.

- Modelos radiológicos capaces de predecir los niveles de exposición a las radiaciones sobre los que basar las recomendaciones de las medidas de protección.

Los datos se transmiten cada 24 horas en operación normal y cada 2 horas en emergencia.

Los sistemas KFÜ e INIS son utilizados también por Alemania para cumplir sus compromisos bilaterales y multilaterales con la Unión Europea (UE) y con la Organización Internacional de Energía Atómica con sede en Viena (OIEA), derivados de los acuerdos de pronta notificación en caso de emergencia nuclear o radiactiva.

Medidas

Estados

Las medidas de control de la emergencia tiene por objeto prevenir los efectos agudos de la exposición a las radiaciones ionizantes y reducir el riesgo derivado de la exposición a altas dosis. Entre estas medidas cabe destacar (1) el refugio (permanecer dentro de las viviendas), (2) la evacuación, (3) la distribución de pastillas de yodo, (4) control de tráfico o descontaminación y (5) tratamiento médico de las personas. Estas medidas principales se deta-

llan en las Recomendaciones Básicas para el Control de Emergencias en los Alrededores de las Centrales Nucleares [12],[13]. La magnitud y extensión de las medidas adoptar se basan en la dosis esperadas por radiación externa e irradiación interna por inhalación en 7 días. Las medidas se planifican hasta una distancia de 25 km. aproximadamente, de cada instalación nuclear. Si por la gravedad del accidente o a causa de condiciones meteorológicas adversas no usuales, fuera necesario aplicar estas medidas mas allá del círculo de 25 km. de radio, esto se haría caso a caso.

Federación

Las medidas de protección que reducen el riesgo colectivo y que se aplican en aquellas áreas en que las dosis de radiación previstas no requieren la adopción de medidas de emergencia, se dividen en dos categorías:

- Medidas directas

- Prohibición o limitación de la distribución de alimentos o pasto y piensos para animales de acuerdo con los preceptos de la legislación de la UE.

- Medidas indirectas

- Recomendaciones a las instalaciones de proceso y manufactura de alimentos y de pasto y piensos para animales para reducir al mínimo su contaminación.

- Recomendaciones al público sobre medidas de autoprotección.

- Recomendaciones a aquellas personas que producen su propia comida.

Está en proceso de revisión un borrador con el Catálogo de Medidas de Protección que incide en temas como los siguientes [14]:

- ¿Cuáles son las principales medidas a tomar?

- ¿Cómo funcionan estas medidas?

- ¿Con que rapidez se pueden aplicar estas medidas?

- ¿Cuan efectivas son estas medidas?

- ¿Cuáles son los niveles de contaminación ambiental (o niveles de intervención operacionales) que activan la aplicación de estas medidas?

El principal criterio para iniciar y ejecutar cualquier medida de protección es la dosis esperada que puede ser recibida en cada uno de las vías de exposición consideradas (exposición externa y exposición interna por inhalación e ingestión). En general la dosis de radiación no se mide directamente, por tanto a efectos prácticos, no es la dosis de radiación en si misma, sino otras magnitudes derivadas, directamente medibles, las que se utilizan en la toma de decisiones. Se utilizan los siguientes niveles de intervención operacionales:

- Actividad liberada en Bq.

- Concentración integrada en aire en Bq.h/m³.

- Contaminación del suelo en Bq/m².

- Contaminación superficial en Bq/m².

- Actividad específica en Bq/kg o Bq/l.

- Tasa de dosis gamma en mSv/h.

Evaluación de Resultados y Toma de Decisión sobre las Medidas de Emergencia

El proceso de evaluación de los resultados obtenidos en los programas de vigilancia, la toma de decisiones sobre las medidas a adoptar y su implantación, se llevan a cabo tanto a nivel estatal como federal con intercambio de información y coordinación de las medidas de protección entre ambos niveles (ver figura 4).

Estados

El gobierno estatal o una autoridad subordinada (gobierno del distrito o del condado) es responsable de la evaluación de la situación general en las cercanías de la central para la toma de decisiones sobre la adopción de las medidas de emergencia.

El Ministerio estatal de Medio Ambiente se responsabiliza normalmente de la evaluación de la situación radiológica y actúa de asesor de la autoridad responsable. El ministerio se sirve de su Dirección de Medio Ambiente y se asesora con expertos de organizaciones externas. También participan en este proceso representantes de la instalación afectada. El Ministerio estatal del Interior o una institución subordinada tiene la responsabilidad general de la decisión sobre las medidas de emergencia y su implantación, y para ello se apoya y se sirve de todo su aparato organizativo. También otros ministerios estatales como los de sanidad, asuntos sociales, agricultura, etc. (y sus autoridades subordinadas) participan en el proceso de evaluación y toma de decisiones sobre las medidas de

emergencia y su implantación. Estos procesos se coordinan con los gobiernos vecinos si la instalación nuclear esta localizada cerca de la frontera entre estados.

Federación

La federación es responsable de la evaluación de la situación general en todo el territorio nacional y de la adopción de medidas de protección de mayor alcance. El BMU tiene la responsabilidad general de ambas tareas. Se apoya en la Oficina federal de Protección Radiológica (BfS), autoridad subordinada a este ministerio, y es asesorado por la Comisión de Protección Radiológica (SSK) y por la Comisión de Seguridad Nuclear (RSK). También otros ministerios federales como los de sanidad, agricultura e interior (y sus autoridades subordinadas) participan en el proceso de evaluación y toma de decisiones sobre las medidas de protección y su implantación.

En caso de accidente existe un intercambio e información y coordinación en la implantación de las medidas de protección necesarias entre los estados y las autoridades federales. Se llevan a cabo simulacros y sesiones de entrenamiento para lograr una óptima cooperación mutua sobre las medidas de protección y emergencia.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA OPERACIONAL DE PROTECCIÓN EN EMERGENCIAS

Todo sistema de respuesta en emergencia tiene que estar siempre preparado para actuar en caso necesario. Ello se consigue mediante el

aprendizaje y la realización de ejercicios y simulacros (ver figura 3). Estos ejercicios y simulacros forman parte integral de todas las actividades de mantenimiento del sistema y proporcionan a los participantes una experiencia de aprendizaje única. El mejor entrenamiento debe instruir e incitar y debe proporcionar a los participantes competencia y confianza para tomar las acciones apropiadas y responder con prontitud ante situaciones cambiantes. Además, los ejercicios de emergencia constituyen una buena oportunidad para probar la idoneidad de los planes de emergencia y de la red de medidas. Durante los ejercicios se deben hacer los esfuerzos necesarios para simular con exactitud la presión que sobre el tiempo y los recursos impondría un suceso real. Puesto que cada ejercicio revela defectos y deficiencias, cada uno de ellos debe contar con observadores y ser criticado para mejorar futuros desarrollos.

De acuerdo con la responsabilidad asignada entre estados y la federación, los estados desarrollan los ejercicios de control de la emergencia y la federación los ejercicios relacionados con la mitigación de los niveles bajos de exposición a las radiaciones.

Estados

Los estados son flexibles con respecto al contenido y frecuencia de los ejercicios. Generalmente se realiza cada año un ejercicio de escritorio en cada estado en conexión con alguna central nuclear localizada en su territorio. Los ejercicios de centros de emergencia tienen normalmente lugar cada 2 o 3 años. En paralelo



con los ejercicios de centros de emergencia, tienen lugar ejercicios sobre el terreno para los equipos de detección así como el establecimiento de estaciones de emergencia y su puesta en marcha. Cada año se realizan también ejercicios de aviso y alarma. Todos estos tipos de simulacros se refieren a las medidas de protección de emergencia en el exterior.

No existe un registro federal de simulacros planificados y ejecutados, cual es el caso por ejemplo de Suiza o de los Estados Unidos de América. Normalmente los estados anuncian sus ejercicios para dar la oportunidad de asistir como observadores y ocasionalmente de participar en él, a sus colegas de otros estados y a representantes de la federación.

Particularmente, en el caso de centrales nucleares cercanas a la frontera con otro estado [por ejemplo, la central nuclear de Biblis (Figura 1)], los simulacros de emergencia se organizan y son llevados conjuntamente a cabo por varios estados. A pesar de compartir los mismos supuestos de planificación, surgen dificultades a la hora de la toma en común de decisiones con respecto a las Recomendaciones Básicas para el Control de Emergencias en los Alrededores de las Instalaciones Nucleares [12], [13].

Se llevan a cabo ejercicios de emergencia paralelos con aquellas centrales nucleares extranjeras situadas cerca de la frontera del país (como por ejemplo, Leibstadt en Suiza y Cattenom o Fessenheim en Francia). Entre otras cosas estos ejercicios sirven para probar las vías de información establecidas en los convenios bilaterales y para el intercam-

bio de las medidas obtenidas. Un ejemplo de ello lo constituye la parte suiza del reciente ejercicio INEX-2 organizado por la Agencia de la Energía Nuclear NEA de la OCDE.

En general el escenario de los simulacros de emergencia se basa en un incidente o accidente ficticio en una central nuclear. Se realizan también ejercicios de emergencia basados en otros escenarios en los que intervienen materiales radiactivos, como accidentes de tráfico o caídas de satélites.

Federación

La federación es responsable de la planificación y ejecución de las medidas de protección radiológica. La mayor parte de estos ejercicios son del tipo escritorio y se llevan fundamentalmente a cabo para probar el plan nacional de respuesta incluyendo la red de medidas IMIS. En estos ejercicios (como los ejercicios SSK que se llevan a cabo anualmente) se prueban también otras herramientas de las que dispone la federación (como por ejemplo el anteriormente mencionado Catálogo de Medidas de Protección o los mensajes preparados de notificación al público en general).

Con menor frecuencia se llevan a cabo importantes ejercicios en los que intervienen tanto los estados como la federación. La coordinación precisa entre ambos se lleva a cabo a través de grupos de trabajo y comités mutuos, como es el comité de la Comisión de Protección Radiológica para la Protección de Emergencia en los Alrededores de las Instalaciones Nucleares.

El ejercicio INEX-1 organizado en 1993 por la NEA de la OCDE [15],

proporcionó la oportunidad de participación conjunta a la federación y a los estados. En este ejercicio de escritorio llevado a cabo en Alemania participaron el BMU y sus asesores como representantes del Gobierno Federal, y el Estado de Baviera representado por sus Ministerios de Interior y Medio Ambiente. Se logró una buena cooperación y comunicación entre los expertos de la federación y del estado, teniendo en cuenta que fue el primero de estos ejercicios comunes, y sobre el proceso de elección de las medidas de protección a adoptar, es decir sobre su tipo, alcance y duración. Este proceso de elección de las medidas de protección no fue fácil, sobre todo para las medidas de reubicación, pero finalmente se llegó a un acuerdo [16].

En 1996 tuvo lugar una nueva oportunidad de participación conjunta de los estados y la federación en un simulacro de emergencia con ocasión de la parte suiza del ejercicio INEX-2 organizado también por la NEA de la OCDE. Este ejercicio de centros de emergencia se basó en un accidente ficticio en la central nuclear de Leibstadt (Suiza). El BMU tomó parte en el ejercicio con sus órganos asesores y autoridades subordinadas así como el Estado de Baden-Württemberg. Dada la pequeña liberación de actividad prevista en el escenario, la esperada discusión sobre la separación entre las áreas de aplicación de las medidas de protección de emergencia a corto plazo (refugio, evacuación y pastillas de yodo) y las de protección radiológica de emergencia, no tuvo lugar. Sin embargo si se obtuvo una buena experiencia en relación

con la organización interna de notificación de la federación y con respecto a la cooperación técnica con sus órganos asesores, y en el intercambio de comunicación con el estado federal que participó.

Como demostró en ejercicio INEX, el éxito y el desarrollo de un ejercicio depende en gran medida de que la persona o autoridad responsable del proceso de toma de decisiones, tenga la suficiente experiencia, flexibilidad, calidad de liderazgo, capacidad de empuje y cualidad de autoexpresión de forma clara, completa y experimentada [13].

CONCLUSIÓN

Para una cooperación armoniosa y productiva entre la federación y los estados, es necesario que los programas y sistemas de vigilancia se complementen y apoyen unos a otros en el proceso de toma de decisiones. Un grupo de trabajo conjunto de la federación y de los estados está trabajando para lograr este fin y desarrollar futuras propuestas para la transmisión homogénea de información. Los estados y la federación deben llevar a cabo simulacros conjuntos independientemente de los ejercicios INEX. Sería deseable la participación al mismo tiempo de varios estados en estos ejercicios para poner a prueba el proceso de coordinación así como el proceso de toma de decisiones y el intercambio de información.

REFERENCIAS

[1] A. Bayer. Off-site Nuclear Emergency Management; Structure and Elements (in

German). Proceedings of the Seminar "Nuclear Emergency Management in Germany and Switzerland", München, October 19-21, 1994, pp. 32-43. Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1994

[2] A. Bayer. Emergency Protection as a Control Loop. Proceedings of the Joint Seminar „Environmental Impact of Nuclear Installations“, Fribourg, September 15-18, 1992, Radioprotection, Special Issue, pp. 429-433, February 1993

[3] J. Lange, H. Miska. Disaster Planning in the Federal Republic of Germany. Paper presented during the accompanying seminar of the exercise "Europa 92" at Amsterdam, 1992

[4] Act on the Peaceful Utilization of Atomic Energy and the Protection Against its Hazards (Atomic Energy Act). Safety Codes and Guides - Translations, BfS-Edition 7/96, 1996

[5] Act on the Precautionary Protection of the Population Against Radiation Exposure (Precautionary Radiological Protection Act). Safety Codes and Guides - Translations, BfS-Edition 6/96, 1996

[6] Criteria for the Alert of the Emergency Services by the Operators of Nuclear Plants - Recommendation of the Commission on Reactor Safety and the Commission on Radiological Protection (in German). Report of the SSK, Issue No. 3, 3-14 (1995)

[7] Recommendation for Remote Monitoring of Nuclear Power Plants. Safety codes and Guides - Translations, GRS-Edition 2/81 (1981)

[8] E. Eder, M. Starke. Further Development of the Remote Monitoring System for Nuclear Reactors in Bavaria. Kerntechnik 50, 157-162 (1987)

[9] A. Bayer, R. Kohl, A. Löbke-Reinl, D. Noßke, M. Werner. Integration of Sampling, Assessment, and Presentation Within an Environmental Surveillance System. Proceeding of the Third Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, Chicago, Illinois, April 16-19, 1991, pp.139-142; American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, 1991

[10] W. Weiss, H. Leeb. IMIS - the German Integrated Radioactivity Information and Decision Support System. Radiation Protection Dosimetry 50, 163-170 (1993)

[11] A. Bayer, H. Leeb, W. Weiss. Measurement, Assessment, and Evaluation Within an Integrated Measurement and Information System for Surveillance of Environmental Radioactivity (IMIS). Proceeding of the Topical Meeting on Environmental Transport and Dosimetry, Charleston, South Carolina, September 1-3, 1993, pp. 109-112; American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, 1993

[12] Basic Recommendations for Disaster Control in the Environment of Nuclear Installations. Safety Codes and Guides - Translations, GRS-Edition 1/89, 1989

[13] Radiological Basis for Decisions on Measures for the Protection of the Population Releases of Radionuclides. Safety Codes and Guides - Translations, GRS-Edition 2/89, 1989

[14] H. Korn, S. Bittner, I. Strilek, H. Zindler. The German Guide for Selecting Protection Measures. Proceedings of the "International Radiological Post-Emergency Response Issues Conference". Washington, August 1998, pp. 257-261

[15] T. Lazo. INEX and the NEA Program in International Nuclear Emergency Matters. Proceeding of the Fifth Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, Savannah, Georgia, April 18-21, 1995, pp. 3-7; American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, 1995

[16] H. Miska. Preparation and Evaluation of Off-site Nuclear Emergency Exercises. Proceedings of the Seminar "Nuclear Emergency Management in Germany and Switzerland", München, October 19-21, 1994, pp. 345-354. Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1994

[17] K. Burkart. German Experiences With the Exercise INEX1. Proceedings of the Seminar „Nuclear Emergency Management in Germany and Switzerland“, München, October 19-21, 1994, pp. 355-361. Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1994



Estudio de la Dinámica de Paso de Contaminación Superficial a Atmosférica en Radioyodos de uso Hospitalario

Manuel Gómez Palacios
Alejandro Cuetos Menéndez

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla
Servicio de Radiofísica

En instalaciones hospitalarias, la contaminación superficial con radioyodos, constituye uno de los incidentes más importantes desde el punto de vista de la protección radiológica. Entre este tipo de incidentes pueden contarse el derrame de orinas o vómitos procedentes de pacientes tratados con I-131, o el derrame de líquidos de laboratorio contaminados con I-125.

Planteamos un estudio teórico de la dinámica de paso de la contaminación desde películas líquidas a la atmósfera de trabajo, en función de parámetros como actividad presente en el vertido, tasa de renovación del aire atmosférico, y tasa de resuspensión del líquido hacia el aire. Dado que esta última constante no es conocida habitualmente, se describe una forma de hacerlo, y los valores obtenidos para cuatro casos: orina, o agua, sobre superficie plástica desnuda o cubierta con papel poroso.

Utilizando los valores obtenidos experimentalmente, se ha estudiado, para cada caso, la evolución temporal de la contaminación atmosférica, en función de la actividad inicial presente en el derrame, y de la tasa de renovación de aire.

El momento en que se alcanza el máximo valor de la contaminación atmosférica, resulta independiente de la actividad inicial vertida. El proceso de resuspensión presenta una dinámica mas lenta en el caso de contaminación por derrame de orina que por derrame acuoso. La colocación de papel absorbente posee una eficacia tan grande que puede marcar la diferencia entre tener una atmósfera contaminada con valores que no alcanzan el LDCA, o con valores que permanecen claramente superiores, durante muchos días.

El estudio de la dependencia de la contaminación atmosférica en función de la tasa de renovación de aire, ilustra claramente, la conveniencia de fuertes tasas de renovación en aquellos lugares en que se puedan producir derrames de I-131 relacionados con la terapia metabólica; y como este factor no resulta tan crítico, aunque tampoco despreciable, en laboratorios de RIA.

SUMMARY

In hospitals environments, the radioactive iodine surface contamination is one of the most important incidents from the point of view of radiation protection. Among this kind of incidents we can consider vomit or urine spillage from ¹³¹I therapy or spillage of liquids contaminated with ¹²⁵I from RIA laboratories.

We have studied the dynamic of the contamination flow from the contaminated surface to the indoor air, using total activity in the spill, indoor air renewal rate, and resuspension rate as parameters. We describe a method to estimate the resuspension rate, assuming that this parameter is usually unknown, and its results for the following cases: urine or water, on paper-covered or uncovered plastic surface.

By using the experimental results, we have studied the indoor air contamination evolution with time, as a function of both initial activity, and indoor air renewal rate.

The maximum value of indoor air contamination is not dependent on the initial activity value. The resuspension process is slower in the case of urine spillage than in watery leakage. The use of porous paper may establish the difference between keeping an indoor air contamination below derived air concentration limit (CDAC), or clearly above DAC for many days.

The indoor air contamination dependence from the air renewal rate, shows the convenience of high air renewal rate in places where contamination from ¹³¹I therapy were possible, and how, although this factor is not so critical, it should be taken into account in RIA laboratories.

INTRODUCCIÓN.

En instalaciones hospitalarias, la contaminación superficial con radioyodos, constituye uno de los incidentes más importantes desde el punto de vista de la protección radiológica [1]. Entre este tipo de incidentes pueden contarse el derrame de orinas o vómitos procedentes de pacientes tratados con I-131, o el derrame de líquidos de laboratorio contaminados con I-125.

En este trabajo, planteamos un estudio teórico de la dinámica de paso de la contaminación desde películas líquidas a la atmósfera de trabajo, en función de parámetros como actividad presente en el vertido, constante de renovación del aire atmosférico, y constante de resuspensión del líquido hacia el aire [2,3].

Dado que esta última constante no es conocida habitualmente, se describe una forma de hacerlo, y los valores obtenidos para cuatro casos: orina, o agua, sobre superficie plástica o embebidas en papel poroso.

Utilizando los valores obtenidos experimentalmente, se ha estudiado, para cada caso, la evolución temporal de la contaminación atmosférica, en función de la actividad inicial presente en el derrame, y de la tasa de renovación de aire. Asimismo se hace una revisión de los criterios de protección radiológica habitualmente aceptados en estos casos, a la vista de los resultados obtenidos.

ESTUDIO TEÓRICO

Consideremos un episodio de contaminación de una superficie, por

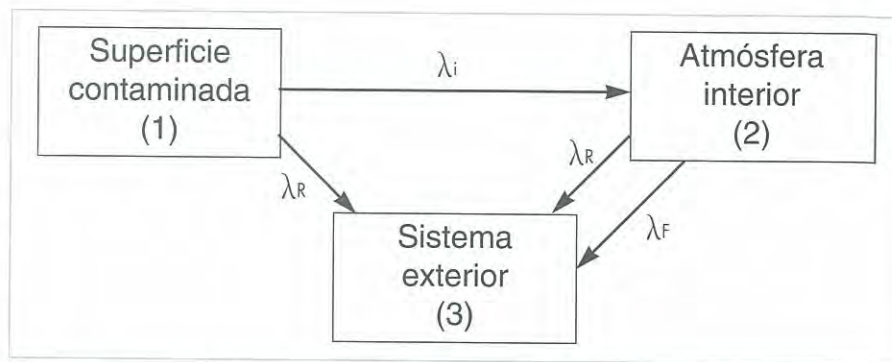


Figura 1. Modelo compartimental

derrame de un líquido con actividad conocida. Hemos supuesto (figura 1) que la superficie contaminada pierde actividad por transferencia hacia la atmósfera de la habitación, y por el propio decrecimiento radiactivo. Por otra parte, la contaminación en la atmósfera interior, puede considerarse determinada por la aportación procedente de la superficie contaminada, por el proceso de renovación hacia un sistema exterior o "limbo" y por el decrecimiento radiactivo. El paso de material radiactivo desde la atmósfera interior hacia la superficie contaminada, lo hemos supuesto despreciable, considerando las ínfimas cantidades de material radiactivo implicadas en el proceso y la desproporción habitual de volúmenes entre el compartimento 1 (superficie contaminada) y el 2 (atmósfera interior).¹

El sistema está constituido por tanto por tres compartimentos: superficie contaminada, atmósfera interior, y sistema exterior. La actividad radiactiva presente en cada instante, en cada uno de los dos primeros compartimentos, se ha designado como A₁ y A₂. El estudio matemático del sistema puede realizarse en

base a las siguientes constantes de transferencia entre compartimentos [2,4]:

- Constante radiactiva del radionucleido, λ_R, de significado bien conocido.
- Tasa de resuspensión, λ_i. Representa la fracción de actividad contaminante que, por unidad de tiempo, pasa de la superficie líquida a la atmósfera interior de la habitación.
- Tasa de renovación de aire, λ_F. Representa la fracción volumétrica de aire que es evacuado o renovado desde el interior de la habitación hacia el exterior.

El sistema queda entonces descrito por las siguientes ecuaciones diferenciales:

$$\frac{dA_1}{dt} = -\lambda_R * A_1 - \lambda_i * A_1 = -(\lambda_R + \lambda_i) * A_1 \quad (1)$$

$$\frac{dA_2}{dt} = -(\lambda_R + \lambda_F) * A_2 + \lambda_i * A_1 \quad (2)$$

Si designamos por V el volumen de la habitación, y llamamos a₂ a la actividad específica volumétrica en la habitación (a₂ = A₂/V), los valores A₁ y a₂, que se obtienen resolviendo el anterior sistema de ecuaciones,

¹ La masa correspondiente a una actividad de 2.000 MBq es de 0.4 µg en el caso del ¹³¹I o de 3 µg en el caso del ¹²⁵I.



para la condición inicial $a_2(0)=0$, son:

$$A_1 = A_1(0) e^{-(\lambda_R + \lambda_i) * t} \quad (3)$$

$$a_2 = \frac{A_1(0)}{V} \frac{\lambda_i}{\lambda_F - \lambda_i} e^{-\lambda_R t} (e^{-\lambda_i t} - e^{-\lambda_F t}) \quad (4)$$

siendo $A_1(0)$ el valor inicial de la actividad en el vertido.

Expresando el tiempo como el número "n" de semiperiodos transcurridos, es decir, realizando el cambio de variables $n = t/T$ (con $T =$ semiperiodo del radionucleido), el valor de a_2 también se puede expresar en estas otras formas:

$$a_2 = \frac{A_1(0)}{V} \frac{\lambda_i}{\lambda_F - \lambda_i} e^{n \ln(2)} (e^{-n \lambda_i T} - e^{-n \lambda_F T}) \quad (5)$$

$$a_2 = \frac{A_1(0)}{V} \frac{\lambda_i}{\lambda_F - \lambda_i} \left(2^{-n \frac{\lambda_R - \lambda_i}{\lambda_R}} - 2^{-n \frac{\lambda_R - \lambda_F}{\lambda_R + \lambda_i}} \right) \quad (6)$$

el valor de n al cual corresponde el máximo de contaminación atmosférica en la habitación viene dado por la expresión:

$$n (a_2 = \max) = 1.44 \frac{\lambda_R}{\lambda_F - \lambda_i} \ln \frac{\lambda_R + \lambda_F}{\lambda_R + \lambda_i} \quad (7)$$

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE λ_i

En las expresiones (4), (5), y (6), de especial importancia, ya que permiten determinar la contaminación atmosférica instantánea en la habitación, aparecen parámetros fáciles de conocer como la constante de desintegración radiactiva (λ_R), el volumen de la habitación (V), o la constante de renovación de aire (λ_F). Para la habitación en que se ha realizado todo el estudio (un alma-

cen de residuos con volumen total de 160 m³ y sistema de extracción de aire de 672 m³/h funcionando 24 horas/día), resulta un valor de $\lambda_F = 100.8$ días⁻¹. Respecto a la constante de resuspensión, λ_i , es un parámetro que depende entre otros muchos factores de los siguientes:

radionucleido y forma molecular que adopte tipo de disolución en que se encuentre tipo de superficie sobre la que se deposite el líquido condiciones ambientales (humedad, temperatura, etc)

esto hace que existan múltiples valores de λ_i , cuya determinación debe hacerse experimentalmente para cada situación previsible [4,5]. Hemos determinado, en la forma que se indica a continuación, los valores de λ_i , para cuatro situaciones que nos parecen habituales en hospitales: yodo en solución acuosa o en orina, y superficie plástica desnuda o recubierta de papel absorbente. Adoptamos como hipótesis de trabajo la suposición de que en cada una de estas situaciones, el valor de λ_i permanece constante por mantenerse también constante el resto de factores de los que depende.

MATERIAL Y METODOS

Se han utilizado cuatro bandejas plásticas de dimensiones 15 x 25 cm, dos de las cuales se han cubierto en el fondo con una capa de papel absorbente doble. Sobre el fondo de cada bandeja se ha depositado mediante una brocha, y de la forma más homogénea posible, la solución acuosa o de orina

contaminadas con ¹³¹I. Se ha utilizado un detector de contaminación superficial Berthold LB1210D para medir, situándolo a 5 cm del fondo de la bandejas, la actividad de las mismas, cada 24 horas y a lo largo de 12 días.

A partir de la expresión (3) es posible escribir esta otra:

$$\ln \frac{A_1}{A_1(0)} = -(\lambda_R + \lambda_i) * t \quad (8)$$

y por tanto, disponiendo de varios valores de A_1 , correspondientes a distintos tiempos de medida t, podemos realizar un ajuste por mínimos cuadrados que nos permita conocer el valor de $\lambda_R + \lambda_i$, y a partir de ahí, el de λ_i .

En el resto del trabajo, se han considerado aplicables estos valores de λ_i , al caso del ¹²⁵I, bien entendido que esto solo es correcto en el caso de que ambos radionucleidos se presenten en la misma forma molecular.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para nuestro caso, los valores obtenidos de λ_i son los que se indican en la tabla I. Como era de esperar, el tránsito de líquido a atmósfera resulta notablemente retardado al colocar papel sobre la superficie contaminada (valores de λ_i mucho menores con papel que sin papel). Por otra parte, el tránsito de líquido a atmósfera resulta algo más lento en el caso de contaminación por orina que de contaminación acuosa. Nuestras medidas de λ_i se han realizado sobre superficies contaminadas con ¹³¹I; no hay razones para suponer que sus valores puedan diferir apreciablemente en el caso del

Tabla I Valores de la constante de resuspensión λ_i , para ^{131}I en distintos casos		
λ_i (días ⁻¹)	Agua	Orina
Superficie de plástico desnuda	0.018 ± 0.001	0.01 ± 0.021
Superficie de plástico + papel desnuda	0.0057 ± 0.002	0.002 ± 0.0005

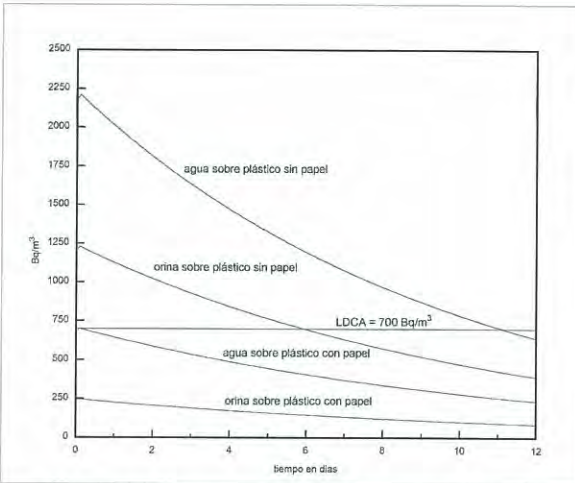
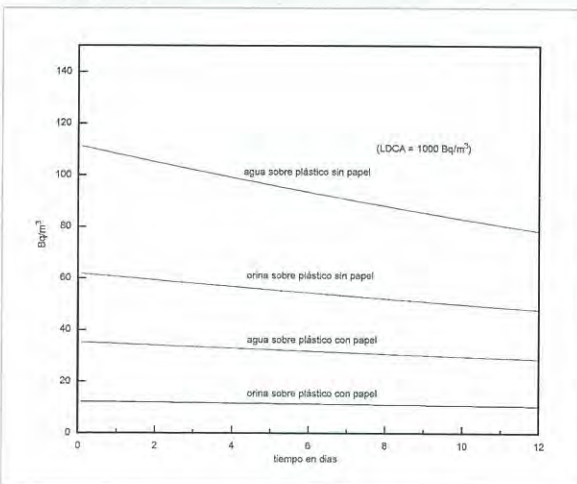


Figura 2. Valores de contaminación atmosférica, para actividad inicial en superficie de 2.000 MBq de ^{131}I (para una tasa de renovación de aire de 100.8 días⁻¹)

^{125}I si se encuentra en la misma forma molecular, por lo cual se han considerado coincidentes. No obstante, es evidente que cualquier situación que difiera de la aquí consi-

Figura 3. Valores de contaminación atmosférica, para actividad inicial en superficie de 100 MBq de ^{125}I (tasa de renovación de aire de 100.8 días⁻¹)



derada, debe ser objeto de una determinación particularizada de λ_i .

Las gráficas de la figura 2 describen, para la habitación en que se ha realizado todo el estudio y referida a ^{131}I , la evolución de la contaminación atmosférica para los cuatro casos contemplados en el apartado anterior (orina o agua, superficie de plástico liso o cubierta de papel absorbente) suponiendo una contaminación por derrame líquido $A_1(0) = 2.000 \text{ MBq}$. Puede observarse que, en todos los casos, la utilización de papel absorbente mantiene los valores de contaminación atmosférica notablemente inferiores a los que corresponden a la contaminación sobre superficie desnuda. En ausencia de medidas descontaminantes adicionales, esta diferencia puede significar que la contaminación atmosférica se mantenga por encima del límite derivado de concentración en aire ($\text{LDCA} = 700 \text{ Bq/m}^3$) durante bastantes días o que no lle-

gue a sobrepasarlo en ningún momento [6].

Las gráficas de la figura 3, ilustran el estudio de una situación bastante conservadora, en el ámbito hospitalario, referida a ^{125}I (actividad inicial en superficie de 100 MBq, y ausencia de medidas anticontaminación). En este caso, la contaminación atmosférica, se mantiene claramente por debajo del LDCA (1.000 Bq/m^3) en todo momento, y en todos los supuestos.

Con respecto a la expresión 7 que proporciona el momento en que se alcanza la máxima contaminación atmosférica, nos parece digno de observar que su valor no depende del valor de la contaminación inicial en forma líquida, $A_1(0)$, sino, estrictamente, de los parámetros que describen el proceso de decaimiento radiactivo (λ_R), la extracción de aire de la habitación (λ_F) y el paso de la contaminación en forma líquida a la atmósfera (λ_i). En nuestro caso, y para todos los supuestos considerados, este valor se mantiene muy próximo a 1.6 horas en el caso del ^{131}I y a 2 horas en el caso del ^{125}I , (error inferior a 2% en todos los casos. Tabla II).

Para un determinado conjunto de valores de λ_R , λ_F , y λ_i , y para un instante determinado (por ejemplo el que corresponde a la obtención del valor máximo de la contaminación atmosférica), las expresiones 4, 5 o 6 establecen una relación lineal entre la contaminación atmosférica máxima $a_2(\text{max})$ y la actividad inicial en la superficie $A_1(0)$, para esa situación. La figuras 4 y 5 recogen esta relación para cada una de las cuatro situaciones estudiadas, en comparación con el LDCA en los caso de



Tabla II

Valores de tiempo en que se alcanza la máxima contaminación atmosférica posterior a una contaminación de superficie en el caso de ^{131}I y de ^{125}I , para $\lambda_F = 100.8 \text{ (días)}^{-1}$

	n ($a_2 = \max$) para		t ($a_2 = \max$)	t ($a_2 = \max$)
	^{131}I	^{125}I	(horas)	(horas)
Superficie de plástico desnuda. Agua	0.0085	0.0013	1.63	1.93
Superficie de plástico desnuda. Orina	0.0086	0.0014	1.66	2.06
Superficie de plástico + papel. Agua	0.0086	0.0014	1.65	2.01
Superficie de plástico + papel. Orina	0.0087	0.0015	1.67	2.12

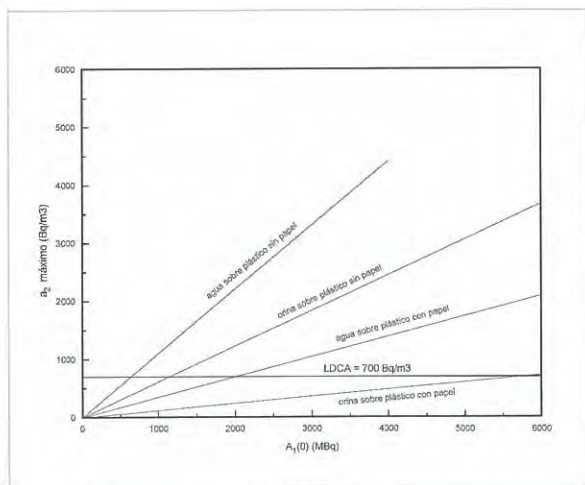


Figura 4. Relación entre máxima contaminación atmosférica y actividad inicial en la superficie para ^{131}I (tasa de renovación de aire de 100.8 días^{-1})

^{131}I y de ^{125}I respectivamente. Los resultados que recogen ambas figuras, resultan muy similares para ambos radionucleidos, pero, desde el punto de vista de la protección radiológica, hay que tener en cuenta que, en hospitales, habitualmente se trabaja con actividades de ^{125}I inferiores a 10 MBq, mientras que es frecuente manipular actividades de ^{131}I de varios miles de MBq.

Las expresiones (4), (5), o (6) no facilitan la obtención, en forma ex-

plícita, del instante o instantes en que se alcanza un determinado valor a_2 de la contaminación atmosférica, pero esto sí puede hacerse por procedimientos gráficos o numéricos. Con lo cual, pueden elaborarse tablas que reflejen para distintos supuestos, el tiempo durante el cual la contaminación atmosférica va a superar determinados valores, y que permitan, llegando el caso, disponer de una estimación rápida del tiempo en que puede ser

necesario extremar las precauciones. En la tabla III, se recogen en el caso de ^{131}I y para los cuatro supuestos estudiados, los tiempos durante los cuales, la concentración atmosférica se mantendría por encima del límite derivado de concentración en aire (LDCA). Estos tiempos oscilan entre 4.5

días ($A_1(0) = 1.000 \text{ MBq}$), y 17.7 días ($A_1(0) = 4.000 \text{ MBq}$) en los peores supuestos. La tabla IV recoge los mismos valores para el caso del ^{125}I : los tiempos oscilan entre 3.8 días ($A_1(0) = 1.000 \text{ MBq}$), y 50 días ($A_1(0) = 4.000 \text{ MBq}$) en los peores supuestos. En todos los casos, las celdas que aparecen sin datos en la tabla, corresponden a situaciones en que no se llega a alcanzar el LDCA en ningún momento.

Por último, se ha estudiado el efecto de distintas tasas de renovación de aire, en la evolución temporal de la contaminación atmosférica en la habitación, en cuatro casos correspondientes a ^{125}I , o ^{131}I , y superficie plástica desnuda, o cubierta con papel en las condiciones descritas. En los cuatro casos se ha supuesto que la contaminación viene inducida por un derrame acuoso, y que no se toman medidas descontaminantes adicionales. Se ha supuesto, con criterio conservador pero realista, una contaminación en superficie de 2.000 MBq de ^{131}I (figuras 6 y 7) o de 100 MBq de ^{125}I (figuras 7 y 8).

Figura 5. Relación entre máxima contaminación atmosférica y actividad inicial en la superficie para ^{125}I (tasa de renovación de aire de 100.8 días^{-1})

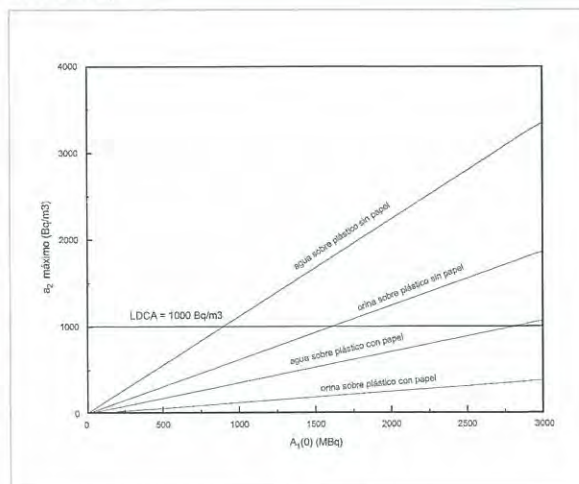


Tabla III
Valores de tiempo en que la contaminación atmosférica mantiene valores superiores al LDCA, en el caso del ^{131}I , y, para $\lambda_F = 100.8$ (días) $^{-1}$

	$A_1(0) = 500 \text{ MBq}$	$A_1(0) = 1.000 \text{ MBq}$	$A_1(0) = 2.000 \text{ MBq}$	$A_1(0) = 4.000 \text{ MBq}$
Superficie de plástico desnuda. Agua	---	4,5 días	11.2 días	17.7 días
Superficie de plástico desnuda. Orina	---	---	6 días	13.2 días
Superficie de plástico + papel. Agua	---	---	---	7.7 días
Superficie de plástico + papel. Orina	---	---	---	---

Tabla IV
Valores de tiempo en que la contaminación atmosférica mantiene valores superiores al LDCA, en el caso del ^{125}I , para $\lambda_F = 100.8$ (días) $^{-1}$

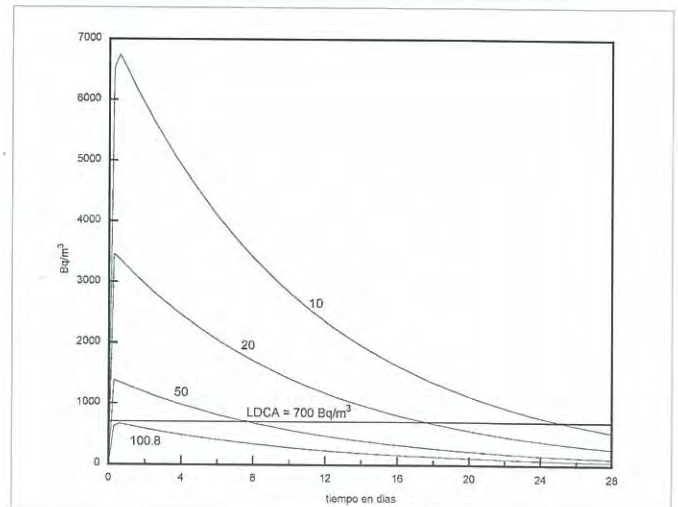
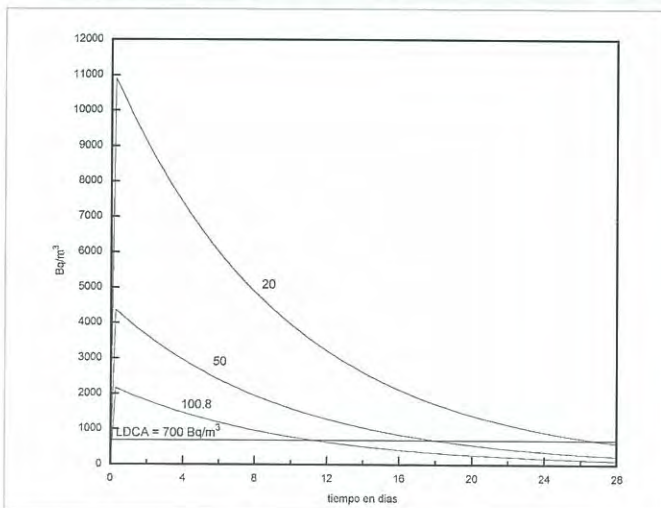
	$A_1(0) = 500 \text{ MBq}$	$A_1(0) = 1.000 \text{ MBq}$	$A_1(0) = 2.000 \text{ MBq}$	$A_1(0) = 4.000 \text{ MBq}$
Superficie de plástico desnuda. Agua	---	3.8 días	27 días	50 días
Superficie de plástico desnuda. Orina	---	---	10 días	42 días
Superficie de plástico + papel. Agua	---	---	---	20 días
Superficie de plástico + papel. Orina	---	---	---	---

La figura 6 corresponde a una situación (derrame no cubierto con papel), que debe considerarse inaceptable, ya que incluso una renovación intensa de aire, como la que corresponde a nuestro caso (100.8 renovaciones/ día) mantiene valores de contaminación atmosférica superiores al LDCA durante mas de 10 días.

La figura 7 corresponde a una situación (derrame cubierto con papel) no tan inquietante, pero en la que persiste algo poco aceptable: la colocación de papel hace suficiente un sistema de extracción de 100 renovaciones/día, pero sistemas de extracción mas débiles, mantendrían una contaminación superior al LDCA durante bastantes días. Será por tanto imprescindible tomar medidas descontaminantes adicionales (por ejemplo colocar mucho más papel del utilizado en nuestro estudio, lo cual proporcionará valores mas bajos de λ_i , o remover por lavado la contaminación)

Figura 6. Valores de a_2 para $A_1(0) = 2.000 \text{ MBq}$ de ^{131}I en aguas sobre plástico SIN PAPEL, para distintos valores de λ_F en (días) $^{-1}$

Figura 7. Valores de a_2 para $A_1(0) = 2.000 \text{ MBq}$ de ^{131}I en agua sobre plástico CON PAPEL, para distintos valores de λ_F en (días) $^{-1}$



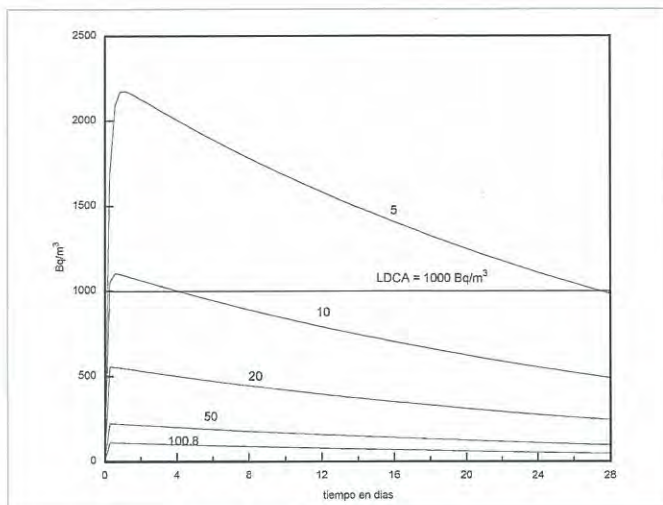


Figura 8. Valores de a_2 para $A_1(0) = 1.000 \text{ MBq de } ^{125}\text{I}$ en aguas sobre plástico SIN PAPEL, para distintos valores de λ_F en $(\text{días})^{-1}$

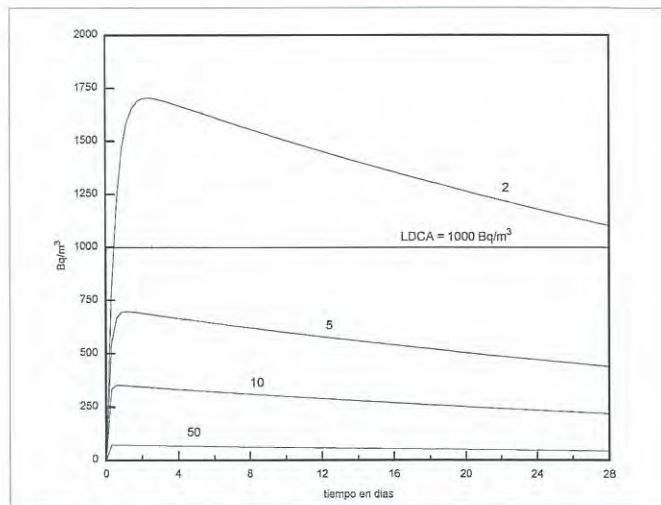


Figura 9. Valores de a_2 para $A_1(0) = 100 \text{ MBq de } ^{125}\text{I}$ en agua sobre plástico CON PAPEL, para distintos valores de λ_F en $(\text{días})^{-1}$

La figura 8 muestra, en el mismo sentido de lo comentado para el ^{131}I , que un derrame de ^{125}I no recubierto con material absorbente, puede producir valores de contaminación en la atmósfera de trabajo superiores al LDCA, en locales con pobre ventilación (menos de 11 renovaciones/día). La colocación de papel en las condiciones de nuestro estudio, rebaja este requerimiento a unas 4 renovaciones/día (figura 9). No obstante, la lentitud con que desciende la contaminación en la atmósfera de trabajo, aconseja igualmente la adopción de medidas adicionales de descontaminación.

Por último, no se debe olvidar que las fórmulas (5) y (6) expresan una dependencia de la contaminación ambiental con la actividad inicial $A_1(0)$ presente en la superficie líquida. En incidentes de derrame líquido, este puede ser un parámetro impuesto por la situación. Pero siempre que sea posible, interesará minimizar esta magnitud que se relaciona de forma directa con la contaminación en el aire.

CONCLUSIONES

Como resumen de todo lo expuesto, podemos extraer las siguientes conclusiones:

1: Se ha estudiado un modelo compartimental sencillo, que describe la dinámica de paso de contaminación radiactiva desde una superficie hacia la atmósfera de una habitación. La evolución de la contaminación atmosférica, queda descrita matemáticamente en función de tres parámetros: la constante de desintegración del radionucleido, λ_R , la tasa de renovación del aire de la habitación, λ_F , y la tasa de resuspensión de la actividad radiactiva en superficie hacia la atmósfera λ_i .

2: Se ha descrito un método para la determinación de la constante λ_i , que se ha aplicado a situaciones de interés hospitalario: derrame acuoso o de orina, sobre superficie plástica desnuda, o protegida con papel absorbente, para ^{131}I , o ^{125}I .

Nuestras medidas de la constante de resuspensión λ_i , se han realizado sobre superficies contaminadas con ^{131}I , que hemos considerado aplicables al caso de ^{125}I si se trata de las mismas formas moleculares.

3: El momento en que se alcanza el máximo valor de la contaminación atmosférica, resulta independiente de la actividad inicial vertida, y en nuestro caso, corresponde a valores próximos a 1.6 horas para el ^{131}I , y a 2 horas para el ^{125}I .

4: La colocación de papel sobre la superficie contaminada, posee una eficacia tan grande, que, en el caso del ^{131}I puede marcar la diferencia entre tener una atmósfera contaminada con valores que no alcanzan el LDCA, o con valores que permanecen claramente superiores al LDCA durante muchos días.

5: El proceso de resuspensión presenta una dinámica más lenta en el caso de contaminación por derrame

de orina que por derrame acuoso. Y por tanto resulta menos peligroso desde el punto de vista de la contaminación atmosférica que induce.

6: Para incidentes graves en relación con la terapia metabólica con ^{131}I , se han realizado estimaciones acerca del tiempo necesario para garantizar que la contaminación en atmosfera de trabajo se mantiene inferior al LDCA. En aquellos lugares en que resulten posibles este tipo de incidentes, resulta aconsejable disponer de sistemas de renovación de aire con capacidad superior a 100 renovaciones/día.

7: La posibilidad de esperar a que la contaminación decaiga físicamente, alternativa frecuentemente usada en hospitales, nunca debe ex-

cluir la colocación de material absorbente sobre la zona contaminada. Incluso con esta medida, particularmente en relación con la terapia metabólica con ^{131}I , y si el sistema de ventilación no es suficientemente potente, pueden tardarse muchos días en restablecer la contaminación atmosférica a valores inferiores al LDCA.

8: Los resultados obtenidos, respecto a valores y evolución de la contaminación atmosférica son similares en el caso del ^{131}I , y del ^{125}I . No obstante, el hecho de que, en el ámbito hospitalario, las actividades manipuladas de estos radionucleidos difieran en varios ordenes de magnitud, permite suponer que la contaminación atmosférica provocada por incidentes graves con ^{131}I , puede supe-

rar temporalmente el LDCA, mientras que parece muy poco probable que suceda esto en el caso del ^{125}I .

Referencias

1: "Radiological protection of the worker in medicine and dentistry". Publication 57. Annals of the ICRP. Pergamon Press.

2: Scinnel G. A., 1980. "Particle resuspension. A review". Environ. Inter. 4, 107-127

3: López Medina, A. y Bullejos, J.A. "Determinación de la concentración de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ en aire tras estudios de ventilación pulmonar". Radioprotección. Mayo 1998. pp 466-468

4: Horst, T.H. "The estimation of Airborne and Surface Contamination Resulting from the deposition-Resuspension Process". Health Physics 1982 August. Vol 43 pp 269-272

5: Marshall, M; Stevens, DC. "The purposes, methods and accuracy of sampling for airborne particulate radioactive materials". Health Physics 1980 September. Vol 39 pp 409-23

6: Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes. BOE 12-2-1992.



RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



La Revista especializada en Protección Radiológica

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

Publicidad: Senda Editorial, S.A.

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



Aplicación de un Modelo de Trayectorias de Masas de Aire Contaminadas al Incidente de Acerinox

Inmaculada Palomino Márquez
Fernando Martín Llorente
Sylvia Núñez Crespí
José Gutiérrez López

Departamento de Impacto Ambiental de la Energía
CIEMAT

SUMMARY

After reviewing the concept and different types of air masses trajectory models, this paper presents a model developed by the CIEMAT Research Group on Atmospheric Pollution Modelling. The model has been used to establish the source-receptor relationship of a specific case of release of Cs-137 by the melting of a sealed source in a steel processing furnace. The cinematic model developed is able to estimate trajectories and back trajectories considering that the air masses move on isobaric surfaces, in order to simplify calculations and save computer time. Results are analyzed on the light of the Cs-137 experimental data from air filters collected during the immediate period after the release. They are also compared to those obtained by other laboratories through the application of other models and methods. It can be concluded that, the present model could be used in radiological monitoring, for source correlation purposes, when an environmental radioactive contamination is detected. The model would also be useful in predicting and identifying the potential contamination areas in the case of an accident with long distance consequences.

Tras la revisión del concepto y tipos de modelos de trayectorias de masas de aire, el artículo presenta el modelo desarrollado en CIEMAT por el Grupo de Modelización de la Contaminación Atmosférica y su aplicación al establecimiento de la correlación fuente receptor en un caso concreto en el que se produjo la emisión a la atmósfera de Cs-137 procedente de la fusión de una fuente encapsulada en un horno de acería. El modelo desarrollado es un modelo cinemático que calcula trayectorias y retrotrayectorias, utilizando la suposición de que las masas de aire se mueven en superficies isobáricas, para simplificar el cálculo y ahorrar tiempo de computación. Los resultados se analizan teniendo en cuenta los datos de Cs-137 obtenidos de la medida de filtros de aire recogidos en el periodo inmediatamente posterior a la emisión y se comparan con los obtenidos por otros laboratorios mediante la aplicación de modelos y métodos diferentes. Se concluye que es posible la utilización de este tipo de modelos para la identificación de la fuente contaminante en los casos en que una red de vigilancia radiológica ambiental detecte niveles de contaminación de origen desconocido. Asimismo la inclusión de estos modelos en los centros de emergencias sería de utilidad para predecir e identificar las zonas de potencial contaminación tras un accidente con liberación de contaminación radiactiva a la atmósfera, transportada a largas distancias.

INTRODUCCIÓN

El incidente ocurrido en la planta de Acerinox en Los Barrios (Cádiz), en los últimos días de Mayo de 1998, por la fusión de una fuente de Cs-137 mezclada con la chatarra utilizada como materia prima en el proceso de producción de acero inoxidable y la coincidencia de la detección en laboratorios de Francia e Italia de niveles no habituales de di-

cho radionucleido, proporciona la oportunidad de verificar la bondad de los modelos de trayectoria y retrotrayectoria de masas de aire. A tal efecto se aplicó un modelo desarrollado por el Grupo de Modelización de la Contaminación Atmosférica del CIEMAT para determinar el transporte de masas de aire con origen y destino en la Península Ibérica.

El trabajo no intenta cuestionar la fecha determinada por el CSN para la fusión de la fuente y la correspondiente emisión radiactiva a la atmósfera, basada en hechos concluyentes de detección de Cs-137 en una colada de acería correspondiente a la madrugada del 30 de Mayo de 1998. Antes bien puede servir para reforzar dicha conclusión y, sobre todo, para mostrar el buen grado de acuerdo entre el modelo aplicado y otros modelos y procedimientos utilizados por organizaciones tan prestigiosas en el tema como el Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL, USA) y Meteo France, además de identificar un instrumento útil y de fácil aplicación en vigilancia radiológica, a la hora de correlacionar un receptor con la posible fuente contaminante.

MODELOS DE TRAYECTORIAS

Los modelos de trayectorias han sido usados para estudiar procesos dinámicos en la atmósfera durante varias décadas; en la actualidad sus aplicaciones van desde la meteorología sinóptica a la climatología, pasando por las ciencias ambientales, como una herramienta para identificar relaciones fuente-receptor para contaminantes del aire o las regiones de alta concentración de sustancias peligrosas como respuesta a una emergencia.

Los modelos de trayectorias son conceptualmente fáciles de comprender. Determinan el movimiento de una partícula situada en un punto de coordenadas x_0, y_0, z_0 aplicándoles el viento que existe en ese punto, durante el intervalo de tiempo estipulado como tramo de trayectoria t , pa-

ra obtener las coordenadas del punto de llegada x_1, y_1, z_1 y, así sucesivamente, hasta el final del periodo señalado como final de la trayectoria. Los modelos de retrotrayectorias usan el mismo sistema salvo que el proceso comienza en el punto de destino y utiliza el viento que existe en dicho punto y momento para determinar el punto de donde procede esa partícula y, así sucesivamente, hasta, como en las trayectorias directas, agotar el periodo determinado para el cálculo de la retrotrayectoria.

A pesar de su simplicidad conceptual, la ecuación de la trayectoria solo puede ser resuelta analíticamente en campos de flujos muy simples. Sin embargo, la atmósfera real es compleja y no puede ser descrita adecuadamente por lo limitado de la información disponible en el ámbito espacial y temporal, por lo que, en aplicaciones meteorológicas, debe usarse una aproximación de la ecuación en diferencias finitas (1). Si se desarrolla la ecuación de la trayectoria en series de Taylor en el entorno de $t = t_0$ y se evalúa en $t = t_0 + \Delta t$, se obtiene:

$$X(t_1) = X(t_0) + (\Delta t)dX/dt|_{t_0} + 1/2 (\Delta t)^2 d^2X/dt^2|_{t_0} \dots \tag{a}$$

La primera aproximación a la ecuación, en la que se desprecian los términos de segundo orden, se conoce como solución con "aceleración cero". Si las trayectorias fueran calculadas usando pasos de tiempo de integración muy pequeños, esta aproximación sería suficientemente exacta, pero como, generalmente, esto no es posible dada la resolución de la información disponible,

se usa una aproximación más exacta cuyo coste de computación es mayor aunque aceptable:

$$X(t_1) = X(t_0) + 1/2 (\Delta t)(dX/dt|_{t_0} + dX/dt|_{t_1}) + 1/4 (\Delta t)^2 (d^2X/dt^2|_{t_0} - d^2X/dt^2|_{t_1}) + \dots$$

Esta aproximación resulta de combinar la ecuación anterior con la expansión de $X(t)$ en serie de Taylor en el entorno de $t = t_1$ y evaluarla en $t = t_0$

Si solamente se usan los dos primeros términos de la ecuación, a la solución se le denomina solución de "aceleración constante". Esta aproximación es idéntica al método manual de construir trayectorias isobáricas a partir de los mapas del tiempo. Cuando se considera el tercer término de la ecuación (a), la solución sería más exacta a costa de un incremento notable de tiempo de cálculo, pero según (1) esta solución puede incrementar el error porque los campos de viento disponibles están separados por grandes intervalos de tiempo haciendo este método menos exacto, incluso, que el método anterior de aceleración constante.

Los diferentes modelos de trayectorias se pueden clasificar en cinemáticos y dinámicos. Los cinemáticos son soluciones de la ecuación de la trayectoria $dX/dt = X(X(t))$, como los discutidos en los párrafos precedentes y solo usan datos de viento. Los modelos dinámicos tienen en cuenta, además del viento, información sobre el campo de masas y ecuaciones dinámicas que vinculan ambas informaciones.



Los modelos dinámicos fueron muy utilizados durante algún tiempo puesto que permitían el uso de largos intervalos entre campos de viento. Merrill et al. (2) encontraron una gran similitud entre las trayectorias dinámicas y cinemáticas cuando los intervalos de tiempo entre los campos de viento no eran muy grandes pero las trayectorias dinámicas (calculadas por el método de Danielsen (3)) eran más fiables si el intervalo de tiempo entre dos campos de viento excedía las 3 horas. Sin embargo, Stohl y Seiberg (4) mostraron que las trayectorias dinámicas calculadas con el método explícito de Steinacker (5) pueden presentar oscilaciones ageostróficas no reales, en tiempos de viajes tan pequeños como de 24 o 48 horas, como resultado de estimaciones inexactas del potencial de Montgomery. Dado que, actualmente, están disponibles datos de campos de viento con suficiente resolución temporal y espacial, se puede concluir que las trayectorias cinemáticas son más exactas (4).

Entre los modelos cinemáticos se puede hacer otra clasificación según se considere el viento en dos o tres dimensiones. En el primer grupo se encuentran los *modelos isobáricos* que usan las componentes zonal y meridional del viento sobre superficies de igual presión y los *modelos de isosigas* que consideran el viento bidimensional en superficies cuya expresión más habitual sigue la fórmula:

$$\sigma = (p-p_1)/(p_2-p_1)$$

siendo p la presión, p_1 la presión a nivel del suelo y p_2 la presión en el nivel más alto del modelo; en los pri-

meros niveles de estos modelos se siguen bastante exactamente las características topográficas del terreno y en los niveles altos son generalmente paralelas a la superficie isobárica del nivel superior considerado.

En los *modelos cinemáticos tridimensionales* se usan las tres componentes del viento, resultado de los modelos de análisis meteorológicos en los niveles definidos por el modelo. Siempre que se disponga de la componente vertical del viento, las trayectorias cinemáticas tridimensionales son recomendables según numerosos autores, Stohl and Seiberg (4), Martin et al. (6,7), sobre todo si esta componente es el resultado de un modelo numérico consistente dinámicamente. A pesar de todas las recomendaciones en el sentido de usar los modelos cinemáticos tridimensionales, es conveniente no olvidar que la componente vertical del viento es un producto exclusivo del modelo meteorológico y, a diferencia de las componentes horizontales, no existen observaciones de rutina que aproximen el resultado del modelo a la realidad. Aunque la aproximación cinemática tridimensional es la más sensible, no es claro que produzca las trayectorias más exactas en todos los casos (4).

La decisión sobre el modelo de trayectoria que se quería construir consideró, fundamentalmente, dos aspectos: las características de los datos disponibles del análisis del European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF) y la aplicación que tendrían sus resultados (agrupación de trayectorias para determinar estadísticamente el origen y destino dentro de Europa de las masas de aire contaminadas).

Se desarrolló, así, un modelo cinemático (modelo TRAYECTO) que calcula trayectorias y retrotrayectorias, utilizando la suposición de que las masas de aire se mueven en superficies isobáricas, para simplificar el cálculo. Las coordenadas del dominio están en longitud y latitud, en concordancia con los campos resultantes de los modelos meteorológicos de análisis. El modelo usa las componentes meridional y latitudinal del viento para los niveles standard de presión (1000, 925, 850, 700 hPa), obtenido por los análisis del ECMWF o del National Center for Atmospheric Research (NCAR) cada 6 horas (00, 06, 12, 18 TMG). Permite considerar, por tanto, diferente resolución en la malla de entrada de datos (0.5° o 0.6° para el ECMWF o 2.5° para la malla del NCAR) y diferentes periodos de tiempo para los tramos de trayectorias en los que se considera el viento constante (1, 2, 3 y 6 horas).

El procedimiento de cálculo para determinar la trayectoria en el modelo, en un determinado nivel de presión, consta de los siguientes pasos:

1. Búsqueda, dentro del fichero de datos del viento en malla, de las componentes del viento en las 4 esquinas que delimitan el punto de interés correspondientes al periodo deseado

2. Obtención de los valores de las componentes del viento en el punto de interés (U_p , V_p) por interpolación bilineal espacial e interpolación temporal lineal entre los valores de viento disponibles anterior y posterior a dicho periodo. El tamaño de tramos,

considerados por el programa, que puede ser seleccionado por el usuario, es de 6, 3, 2 o 1 hora. De esta manera se obtiene el viento en cualquier punto dentro del dominio y a cualquier hora.

3. Transformación de las componentes cartesianas del viento (U , V) en coordenadas esféricas (V_φ y V_l), siendo φ y l la latitud y longitud respectivamente). Se usan las conocidas ecuaciones:

$$V_\varphi = \arctg(V/R)$$

$$V_l = \arctg(U/(R \cos \varphi)), \text{ o mejor}$$

$$V'_l = (U/(R \cos \varphi))(1 + V/R \times \tg \varphi \times \Delta t)$$

V'_l es la componente longitudinal del viento, modificada para tener en cuenta la dependencia de esa componente con la latitud. Esta modificación se hace más importante conforme se incrementa la latitud.

4. Aplicación del viento, definido por V_φ y V_l , al punto inicial (l_i , φ_i) para obtener las coordenadas geográficas del punto de llegada (l_f , φ_f) correspondiente a un tramo de la trayectoria ($\Delta t = n$ horas)

$$l_f = l_i + V_l \times \Delta t$$

$$\varphi_f = \varphi_i + V_\varphi \times \Delta t$$

5. Uso de la corrección de Euler, que consiste en determinar una coordenada media (l_m , φ_m) entre el punto inicial y el final y aplicar al punto inicial (l_i , φ_i), no el viento que existía en dicho punto, sino el que existe en el punto intermedio de coordenadas (l_m , φ_m). Se estima que dicho va-

lor es más significativo del movimiento seguido por la masa de aire durante ese tramo de trayectoria.

$$l_m = (l_f + l_i) / 2$$

$$\varphi_m = (\varphi_f + \varphi_i) / 2$$

$$l'_i = l_i + V_{l_m} \times \Delta t$$

$$\varphi'_i = \varphi_i + V_{\varphi_m} \times \Delta t$$

Aplicar la corrección de Euler significa usar la solución de la ecuación de trayectoria denominada de "aceleración constante", citada y explicada anteriormente. Es una aproximación simple de primer orden para tener en cuenta la curvatura del campo de viento.

6. Escritura de los valores de la longitud y latitud iniciales y finales de ese tramo de trayectoria en un fichero en cuyo nombre se especifica el nivel de presión en el que se está trabajando, el tiempo de salida y un indicativo del punto inicial de la trayectoria.

El punto de coordenadas l'_i , φ'_i es el punto final del primer tramo de la trayectoria y constituye el punto inicial del segundo tramo. Se comienza el proceso antes descrito (puntos 1 a 6) hasta que el punto final del tramo calculado no esté incluido en el dominio del que se dispone de datos o bien se agote el número de tramos estipulado por el usuario para el cálculo de la trayectoria.

Para el cálculo de retrotrayectorias, el proceso es el mismo salvo que los puntos iniciales son los correspondientes al espacio y tiempo de llegada de una masa contamina-

da. Para determinar la longitud y latitud de procedencia de cada tramo se usan las ecuaciones:

$$L_{\text{procedencia}} = l_{\text{destino}} - V_{l_{\text{destino}}} \times \Delta t$$

$$\varphi_{\text{procedencia}} = \varphi_{\text{destino}} - V_{\varphi_{\text{destino}}} \times \Delta t$$

A pesar de las limitaciones de este modelo, se puede considerar como el primer paso a un modelo de trayectoria más completo y en línea con el estado del arte sobre el tema, que considerará las trayectorias tridimensionales, además de las isobáricas e isosigmas, usando para ello las tres componentes del viento resultantes del modelo ECMWF.

APLICACIÓN DEL MODELO AL INCIDENTE DE ACERINOX. RESULTADOS

Encontrar casos que permitan verificar las trayectorias individuales calculadas son bastante raros. Lo ideal sería seleccionar una fuente que emita una sustancia "única" cuya tasa de emisión sea perfectamente conocida y que pudiera ser detectada, a bajo coste, hasta distancias de 5.000 km. Lo que generalmente está disponible es un inventario de emisiones de las sustancias más comunes a escala provincial y para periodos anuales (CORINAIR), que obviamente no cumple ninguna de las características exigidas para la comprobación de la validez del modelo antes expuesto. Otra posibilidad es solicitar los bancos de datos de los experimentos con trazadores, realizados dentro de alguno de los múltiples proyectos de validación del transporte a larga distancia realizados bajo los auspicios de grandes



organizaciones americanas o europeas en la pasada década.

El incidente de Acerinox ha permitido verificar el modelo TRAYECTO de trayectorias y retrotrayectorias desarrollado, de forma que se han analizado la existencia de trayectorias que vinculen el punto de emisión con los puntos de detección del Cs-137 emitido, dentro del periodo posible en el que tuvo lugar éste.

En efecto, durante la semana 23 del año 98 se detectaron, por diferentes organizaciones europeas involucradas en el análisis de muestras ambientales de radiactividad, cantidades de Cs-137 superiores a los valores normales, en algunos casos en varios órdenes de magnitud. Estas cantidades no podían ser adjudicadas a ninguna de las instalaciones nucleares y radiactivas controladas, tanto por la relación isotópica hallada, como por la inexistencia de incidentes en dichas instalaciones. El alto control sobre los vertidos de material radiactivo al exterior de estas instalaciones, no hubiera permitido que pasara inadvertido. La ejecución de un modelo de retrotrayectoria por parte del IPSN - Meteo France a uno de los puntos donde se habían encontrado valores inhabituales de Cs-137 (el de las proximidades de Toulon en la costa mediterránea francesa), determinó varias zonas de posible emisión: norte de África y sur de la Península Ibérica. Por otro lado, se detectó contaminación en la planta de tratamiento de residuos sólidos Presur, situada en la provincia de Badajoz, en la inspección de rutina de las cenizas resultantes del quemado de chatarra de los días 29-31 mayo en la acería Acerinox en Algeciras. El Consejo

Tabla I

País	Ciudad o Punto de localización	Periodo promediado (Días)	Concentración en aire medida (mBq/m ³)
Francia	La Seyne	29 Mayo-02Junio (4)	2.400
	La Seyne	02 Junio-06 Junio(4)	200
	Toulon	25 Mayo-02 Junio (7)	2.430
	Toulon	02-06 Junio (4)	200
	Nice	01-02 Junio (1)	2.100
	Nice	02-03 Junio (1)	330
	Nice	03-04 Junio (1)	490
	Marcoule	01-02 Junio (1)	580
	Grenoble	01-02 Junio (1)	530
	Caradache	01-02 Junio (1)	1.600
	Caradache	02-03 Junio (1)	510
	Caradache	03-04 Junio (1)	300
	Montfaucon	01-02 Junio (1)	620
	Montfaucon	02-03 Junio(1)	870
	Ajaccio	02-03 Junio (1)	260
	Ajaccio	03-04 Junio (1)	250
	Montpellier	01-02 Junio (1)	600
Montpellier	02-03 Junio (1)	460	
Montpellier	03-04 Junio (1)	330	
Italia	Milan	01-03 Junio (3)	1.700
	Ispra	02-03 Junio (1)	390
	Ispra	03-04 Junio (1)	900
	Ispra	04-05 Junio (1)	460
	Ispra	06-07 Junio (1)	140
	Ispra	07-08 Junio (1)	150
	Ispra	02-05 Junio (1)	740
	Ispra	29 Mayo-05 Junio (7)	220
	Ispra	02-04 Junio (2)	670
España	Palomares	25 Mayo-02 Junio (7)	890
	Gibraltar	25 Mayo-01 Junio (7)	140
Suiza	Monte Cenerl	25 Mayo-08 Junio (14)	152
Austria	Insbruck	01-08 Junio (7)	98
	Klagenfurt	01-08 Junio (7)	174
	Graz	01-08 Junio (7)	200
	BadRadkersburg	01-08 Junio (7)	128
Eslovenia	Ljublijana	01-10 Junio (9)	243
Hungría	Budapest	02-08 Junio (8)	100

Tabla II

Filtro	Periodo Muestreo (dd, hh mm-dd, hh mm)	Caudal (m ³ /hora)	Concentración en aire (microBq/m ³)
A	31, 5h 30' - 31, 11h 00'	8	3.000
B	01, 12h 30' - 02, 12h 30'	110	11.000 ± 5.500
C	02, 12h 30' - 03, 12h 30'	110	253
D	04, 12h 30' - 11, 12h 30'	110	27

de Seguridad Nuclear (CSN) recibió una notificación de la empresa Acerinox referente a una contaminación de Cs-137, detectada en el sistema de filtración de humos del horno 1 de su planta de Algeciras. La inspección del CSN confirmó la contaminación, que se encontraba en el horno número 1 y en sus tuberías y filtros (8). El CSN revisó los datos, que estaban a su disposición, de muestras ambientales recogidas en la semana en cuestión y sólo encontró un nivel de contaminación apreciable en la muestra semanal recogida en Palomares (Almería), dentro de su plan de vigilancia ambiental y, en muy pequeña cantidad, en las proximidades de la Central Nuclear de Cofrentes.

Eliminada la posibilidad de que el Cs-137 procediera de los depósitos en suelo existentes como consecuencia de Chernobyl y de las antiguas explosiones nucleares (9), los hechos señalaban a la acería de la empresa Acerinox de la bahía de Algeciras como posible responsable del Cs-137 encontrado en diferentes puntos de Europa. En la tabla I se puede ver los lugares donde se detectó el isótopo en concentraciones mayores de 100 mBq/m³. Esta selección se ha obtenido del anexo III de (9).

Los datos disponibles para realizar la verificación del modelo TRAYEC-

TO se obtuvieron por cortesía del ECMWF. Dichos datos correspondían a los días 27 de mayo a 3 de junio del 1998 e incluían las dos componentes del viento (meridional y zonal) en los periodos de 00, 06, 12 y 18 horas TMG y las alturas de los geopotenciales, solo para las 00, 06 y 12 horas TMG en los niveles de 1000, 925 y 850 hPa, con una resolución de 0.6° x 0.6° en longitud y latitud para todo el dominio de interés (15° W- 15° E y 30° N - 54° N).

En relación con el modelo TRAYECTO desarrollado, el que todos los tramos trayectoria estén por encima del mar hasta llegar a las costas del sur de Francia, reduce la influencia de la variación diurna de la capa límite, elimina los movimientos verticales motivados por cambios en la topografía y en los usos del suelo y permite suponer que la no consideración de la componente vertical del viento en el cálculo de las trayectorias, en los días del incidente de Acerinox, no influyó significativamente en la exactitud de éstas. (Esto fue comprobado por Draxler (11) cuando comparó trayectorias cuasi-isentrópicas con tridimensionales cinemáticas. También Haagenson y Sperry (12), al hacer cálculo de trayectorias sobre el océano Atlántico, encuentra que el 90% de las trayectorias dentro de la capa límite tienen

movimientos verticales menores a 100 hPa por día, aproximadamente 1 km.).

El procedimiento seguido para la verificación del modelo TRAYECTO se describe a continuación:

- Cálculo y representación sobre el mapa de todas las trayectorias directas que salen cada hora del emplazamiento de Acerinox, para diferentes niveles de presión, desde el día 27 hasta el 31 de mayo de 1998 y de las retrotrayectorias de las masas de aire que llegan a Toulon los días 31 de mayo y 1 y 2 de junio. La selección de días para el cálculo de las retrotrayectorias se realizó teniendo en cuenta los periodos de detección obtenidos por la marina nacional francesa (tabla II).

El conjunto de las trayectorias horarias calculadas se puede observar en las figuras 1 y 2. Cada figura incluye las correspondientes a dos días. Aunque no puede observarse en estas figuras, si la representación se hiciera para la misma hora, superponiendo los distintos niveles de altura, se observaría la cizalla vertical del viento, aspecto importante para calibrar el error que se puede cometer en la trayectoria por no considerar la componente vertical del viento (10). Cuanto más parecidos sean los caminos, como sucede en este caso, menos inciertas serán las trayectorias calculadas sin considerar dicha componente.

Prácticamente, todos los días se cumpliría la condición de no contaminación de la península. Los vínculos con la costa azul francesa y el norte de Italia se pueden apreciar en las trayectorias de los días 27, (figura 1, sólo en el nivel de

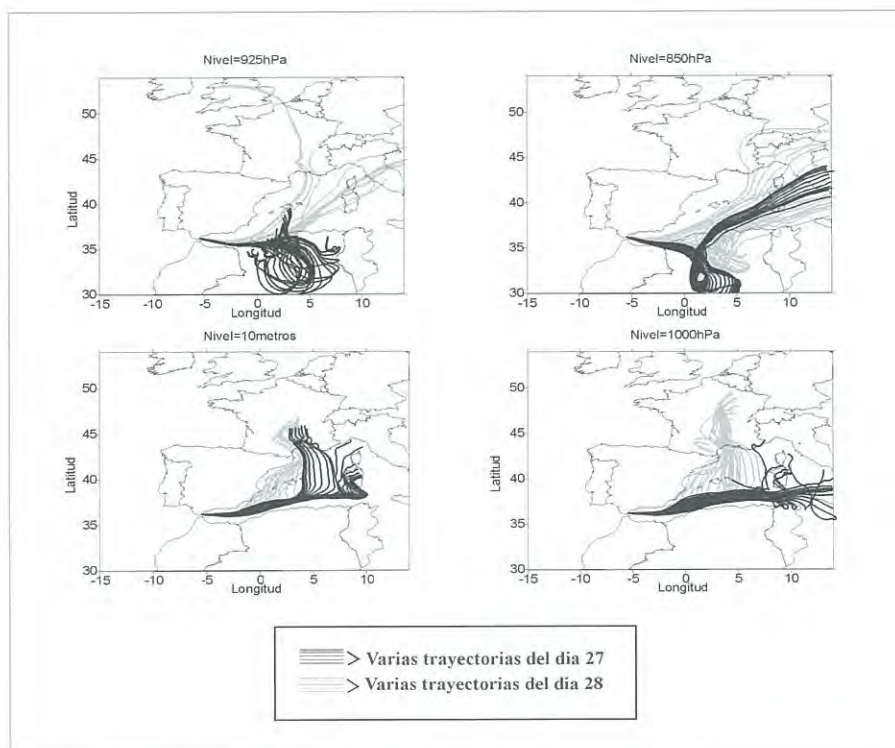
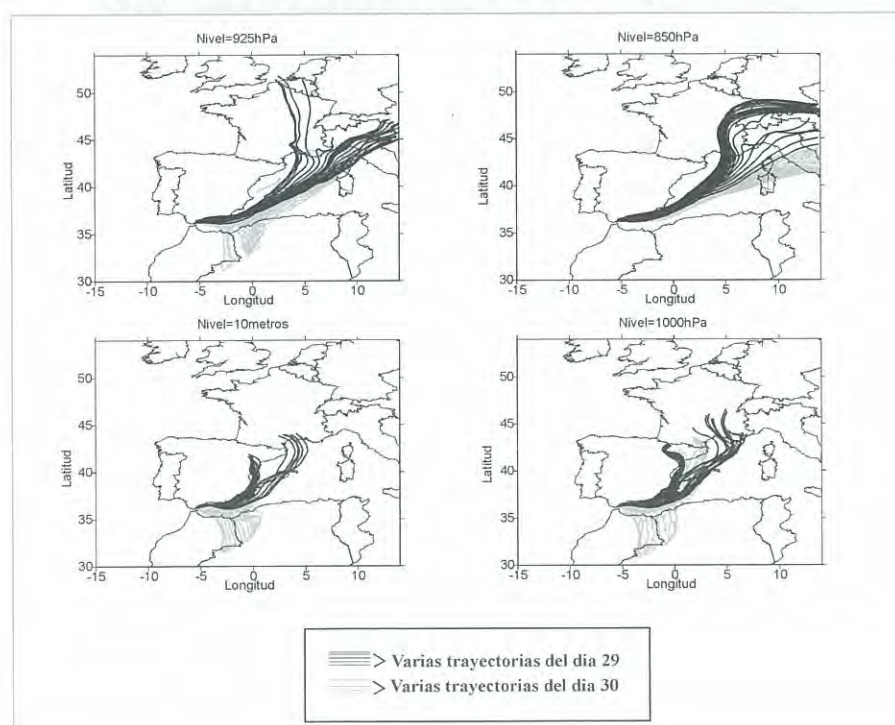


Figura 1. Trayectorias de 5 días con salida el 27 y 28 de Mayo de 1998.

Figura 2. Trayectorias de 4 días con salida el 29 y el 30 de Mayo de 1998.



10 metros sobre el suelo y a partir de las 13 horas TMG), 28 y 29, (figuras 1 y 2, todos los niveles), el día 30, (figura 2, sólo en el nivel de 925 a las 08-09 de la mañana) y, aunque no representado en las gráficas, el día 31, durante las horas 05, 06 y 07 en el nivel de 850 hPa.

También se ha comprobado, a partir del uso de los geopotenciales, las alturas sobre el suelo en las que se encontraban los niveles de presión para todos los días analizados. Puesto que el vertido se produjo por una chimenea de 20 metros, la altura efectiva del penacho, dadas las características de la emisión, no podía superar los 50-150 metros. El nivel de 1.000 hPa sería, por tanto, el que mejor representa la altura de transporte, aunque ésta, como se comenta después, no tendría porqué ser única. La dispersión vertical y lateral del penacho a las distancias de Palomares y Toulon permitió su interacción con el suelo y su recogida por los muestreadores de aire.

- Selección de las trayectorias calculadas por el modelo TRAYECTO que cumplan con hechos comprobados relativos a la detección de Cs-137 en filtros de aire. En este sentido, las trayectorias que aparecen en las diferentes gráficas de la figura 3 son las que parecen cumplir mejor y se corresponden con :

Vertido día 29, hora 01-02 TMG.

Se utiliza la hipótesis que, desde un principio, el penacho ha viajado en dos estratos (representados por los vientos a 10 m y 1000 hPa obtenidos del ECMWF) con diferentes velocidades aunque con la misma

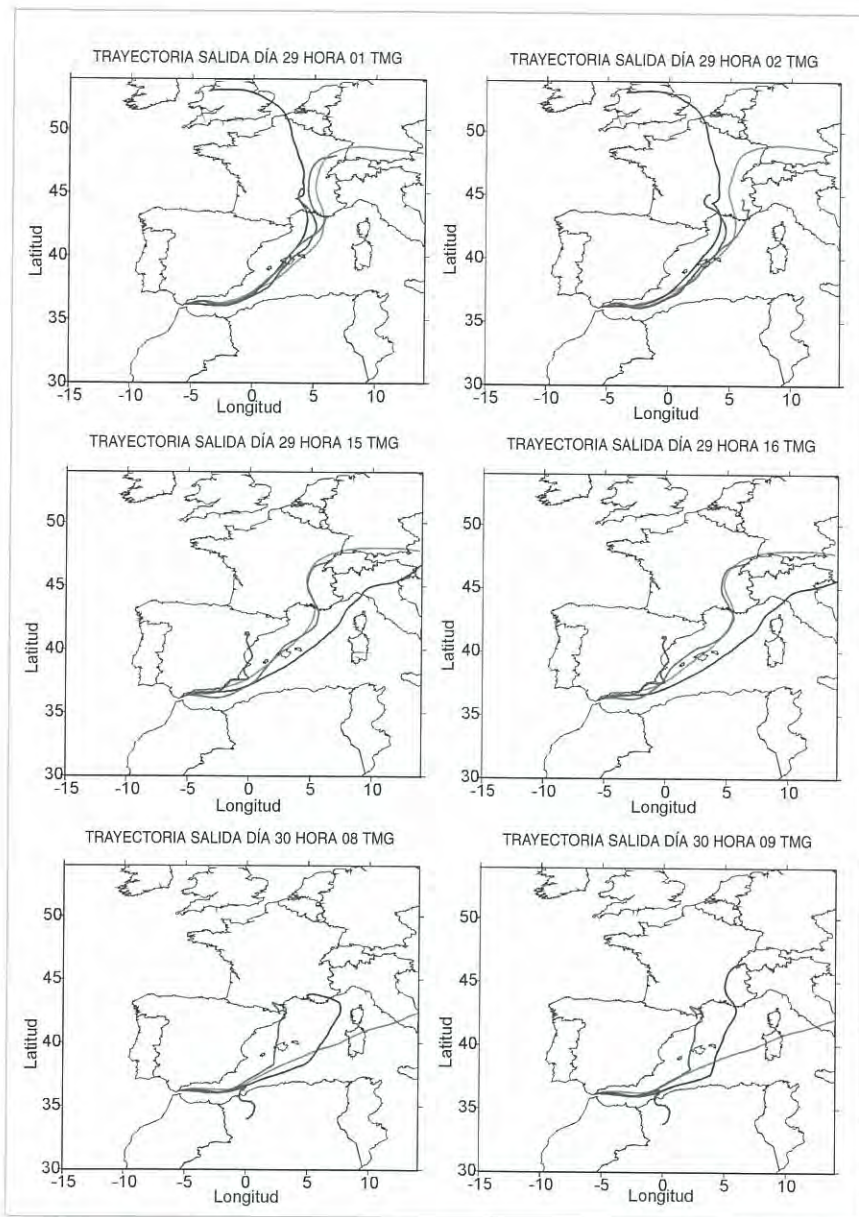


Figura 3. Selección de trayectorias que justifican la contaminación de filtros de aire de la tabla II

dirección. La baja altura de la chimenea, 20 metros, y una pequeña elevación de la pluma por diferencia de temperatura con el aire exterior, hace que sean los niveles de 10 metros y de 1000 hPa los más próximos a la altura donde tuvo lugar el transporte en los primeros momentos

del viaje. La parte del penacho que viajó a nivel del suelo (10 metros) alcanza el punto más cercano a Palomares entre las 06-08 horas TMG del día 30 y sigue viaje hasta Toulon, donde llega entre 13-14 horas TMG del día 1 de junio. Este hecho justifica la contaminación del fil-

tro B (tabla II). La parte del vertido que viaja entre 50 y 150 metros, tiene su punto más próximo a Palomares a las 02-04 horas TMG del día 30 y pasa por encima de las proximidades de Toulon entre las 22 horas TMG del 31 y las 02 horas TMG del día 1 de junio. El Cs-137 que se recoge en el filtro procedente de esta masa de aire, al estar al nivel del suelo, ha tenido que viajar más lentamente los últimos tramos de la trayectoria y seguramente alcanza la estación de Toulon un poco más tarde. No hay posibilidad, con los datos disponibles, de cuantificar el momento o momentos de interacción de la masa contaminada, que se ha transportado en el estrato de 1000 hPa, con el suelo en las proximidades de Toulon, pero no puede justificarse la contaminación del filtro A (tabla II). Sólo podría justificarse la contaminación anterior a este momento si alguna parte de la masa de aire contaminada hubiera accedido a alturas superiores, próximas al nivel de 925 hPa o incluso a 850 hPa y el tiempo de viaje hubiera sido más corto. En el primer caso, hubiera pasado por encima de Toulon en la madrugada del día 31 y en el segundo caso, en las últimas horas de la noche del día 30.

Vertido día 29, hora 15-16 TMG

Aunque en esas horas del día la atmósfera tiene gran capacidad de mezcla, la hipótesis de que toda la masa contaminada no se trasladó en el mismo nivel puede ser mantenida. En estas horas la trayectoria correspondiente al nivel de 10 metros no llega al sur de Francia, aunque sí pasa relativamente cerca de



Palomares sobre las 23-24 horas TMG del día 30. La dirección del viento en las proximidades de la estación no favorecía la succión de parte de la masa de aire. Lo que llegó a la estación es debido a la dispersión lateral del penacho. Llega, por tanto, menor cantidad de Cs-137 a Palomares que a Toulon aunque esté mucho más próxima la primera estación al punto de vertido. La parte del vertido que se mueve en el nivel de 1000 hPa pasa por encima de Palomares entre las 10-11 horas TMG del día 30 y por encima de Toulon entre las 8-11 horas TMG del día 1 de junio. El Cs-137 que es captado por el muestreador de Toulon, a nivel del suelo, llegaría un poco más tarde, con lo que se podría justificar la contaminación del filtro B. La contaminación del filtro A (tabla II) hubiera sido posible también por la llegada de una masa de aire contaminado que ha viajado más deprisa en los niveles superiores (925 y 850 hPa). Esta hipótesis concuerda totalmente con la del Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) (9) y explica también la contaminación de las demás estaciones europeas (tabla I).

En los dos periodos seleccionados del día 29, la detección de menor cantidad del isótopo en Palomares que en Toulon puede ser explicado por la mayor velocidad de viaje y mayor distancia al centro del penacho en Palomares que en Toulon.

Vertido día 30 hora 08-09 TMG.

Esta trayectoria se ha seleccionado por ser en la que se ve algún vínculo entre Acerinox y Toulon y su salida está próxima al momento del vertido

estimado por el CSN, estimación basada en el hecho concluyente de encontrar Cs-137 en la colada que se fundió entre la 05-06 horas TMG del día 30 de Mayo. El vínculo directo entre las dos estaciones (Palomares y Toulon) y el punto de salida sólo se ve en el nivel de 925 hPa, que a partir de las gráficas de geopotenciales se puede establecer, durante todo los días de viaje hasta Toulon, entre 750 y 800 metros sobre el nivel del mar. Aunque parece excesivamente alto, dada las características del vertido, el transporte de parte de la masa contaminada en este nivel no resulta imposible por las fluctuaciones verticales de hasta 1 km, que puede sufrir el aire incluso sobre el mar. Las trayectorias con salida a las 08 y a las 09 horas TMG tienen muy diferente hora de llegada al punto más próximo a Toulon. La primera llega a las 24 TMG del día 2, mientras que la de las 09 llega 20 horas antes, a las 04 TMG de la mañana del día 2. Es debido al diferente camino seguido por cada una, sobre todo en las proximidades de la costa francesa. Se puede observar en las trayectorias del día 30 de la figura 2. Lo que no parece poder justificar estas trayectorias es la contaminación de las muestras en la estación de Toulon del día 31 de mayo.

- Comparación de las trayectorias del modelo TRAYECTO con las de IPSN-Meteo France, Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) y la hipótesis del CSN.

Como el interés de este apartado se centra fundamentalmente en demostrar la bondad de las trayectorias y retrotrayectorias calculadas a partir de su uso para un caso real,

se presentan para su comparación visual las trayectorias calculadas por Meteo France y los niveles de contaminación por Cs-137, calculados por el modelo del LLNL, junto con las trayectorias calculadas con el modelo TRAYECTO para los mismos periodos de tiempo.

IPSN-Meteo France sugiere dos periodos posibles: las horas comprendidas entre las 19 del día 27 y la 01 del día 28 de mayo y el 30 de mayo a las 15 horas. Se basan para ello en las trayectorias que vinculan Acerinox con Toulon. El LLNL selecciona el día 29 de mayo a las 15:30. Considerando que el vertido tuvo lugar en ese momento, la desviación típica entre los valores de concentración calculados y medidos es mínima. El CSN se basa en los análisis de las coladas de la acería según los cuales, el Cs-137 se fundió con la colada ZN01 en la madrugada del día 30 de mayo. Todas estas hipótesis vienen descritas y analizadas en (9).

Existe una coincidencia prácticamente total entre las trayectorias del día 29 a las 15-16 horas TMG y el centro de la zona de contaminación del LLNL (figura 4). Para llegar a su conclusión, LLNL ha usado los resultados obtenidos de ejecutar el sistema ARAC (Atmospheric Release Advisory Capability), que es un sistema operacional para responder a emergencias en tiempo real. Los cálculos se hacen con un modelo tridimensional de dispersión lagrangiana, alimentado por los resultados del modelo meteorológico de predicción NOGAPS (Naval Operational Global Atmospheric Prediction System) con datos de 1º de resolución latitud/longitud y con

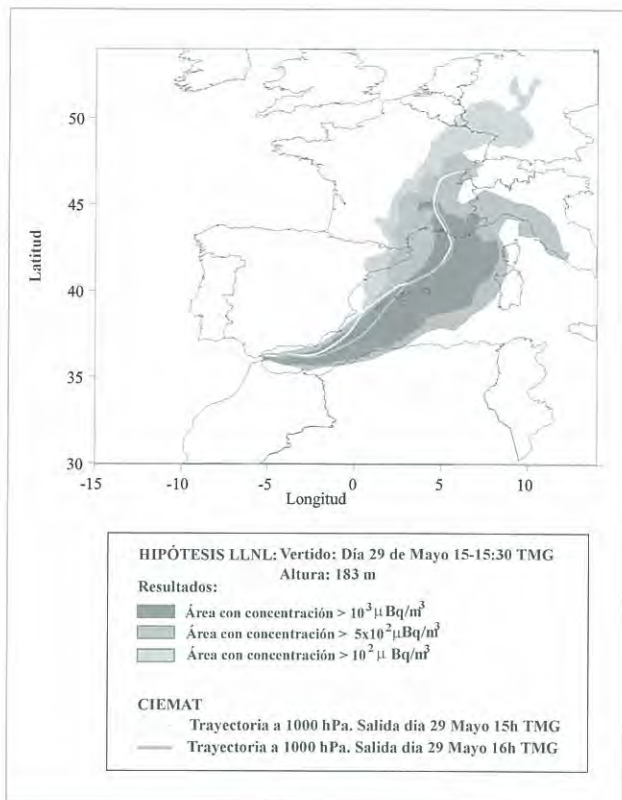


Figura 4. Comparación de trayectorias. CIEMAT con la hipótesis del LLNL

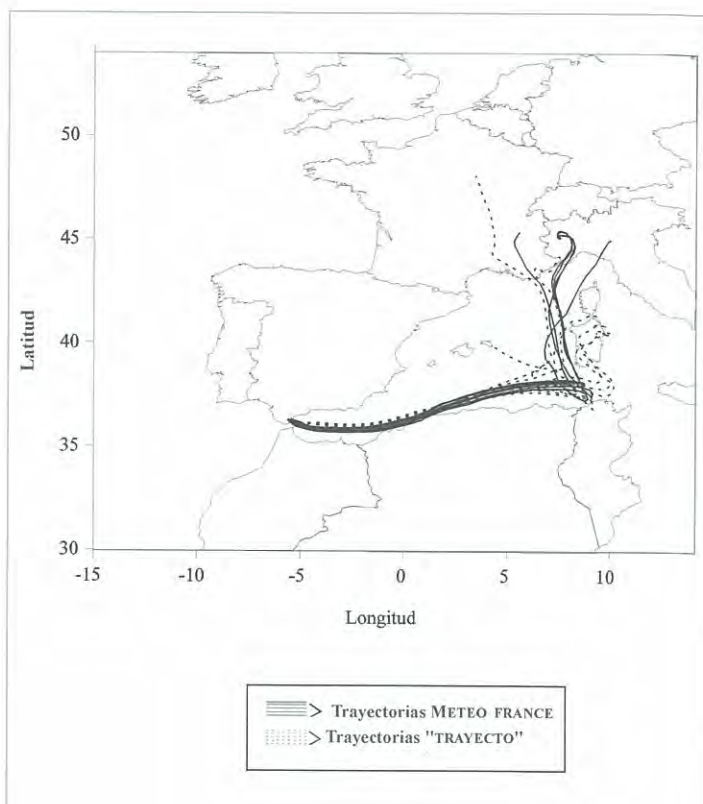


Figura 5. Trayectorias. Salida día 27 horas 20-24 TMG y día 28 horas 01 TMG

los valores de análisis de las 00 y 12:00 y de pronóstico de las 06:00 y 18:00 TMG. Los resultados de la concentración en los diferentes puntos del dominio donde existían muestras de aire, se integran durante el periodo de interés (depende del periodo de cada muestra) y se comparan con los valores medio ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) de la muestra. Se supone como periodo más probable del vertido aquel en el que existe una desviación mínima, considerando todos los datos como un conjunto, entre los valores de concentración integrada de Cs-137 calculados y medidos. Este sistema de emergencia ARAC también dio muy buenos resultados cuando se comparó en el ATMES II (Atmospheric Transport Model

Evaluation Study) con los datos del European Tracer Experiment (ETEX). En esa ocasión, usaron dos tipos de datos de viento como entrada al modelo de dispersión (datos de 0.5° long./lat del ECMWF y datos de 2.5° long./lat. del NOGAPS), una descripción de sus resultados pueden verse en (13); los datos de ECMWF ofrecían mejores resultados, su mayor resolución era la razón fundamental de este hecho según se desprende de las conclusiones obtenidas en este mismo trabajo al degradar los datos del ECMWF y comparar con los resultados del ETEX. Para el análisis del incidente de Acerinox han usado datos del NOGAPS con mejor resolución que la que utilizaron en ATMES.

Durante las últimas horas del día 27 y la primera hora del 28 de mayo, casi todas las trayectorias de Meteo-France y las del modelo TRAYECTO siguen el mismo camino, en la mayor parte el viaje, lo que se puede apreciar en la figura 5. No se puede decir lo mismo de la comparación con el conjunto de trayectorias de los días 29 y 30 de Meteo France en la que se han advertido discrepancias bastante evidentes, basta comparar la figura 6 que representa el conjunto de las trayectorias calculadas por Meteo France y la figura 2 que considera en diferentes niveles las trayectorias calculadas usando TRAYECTO para los mismos días. En el informe de Lendevic y Barescut (9) no se especifica el tipo de trayectoria, los datos usados

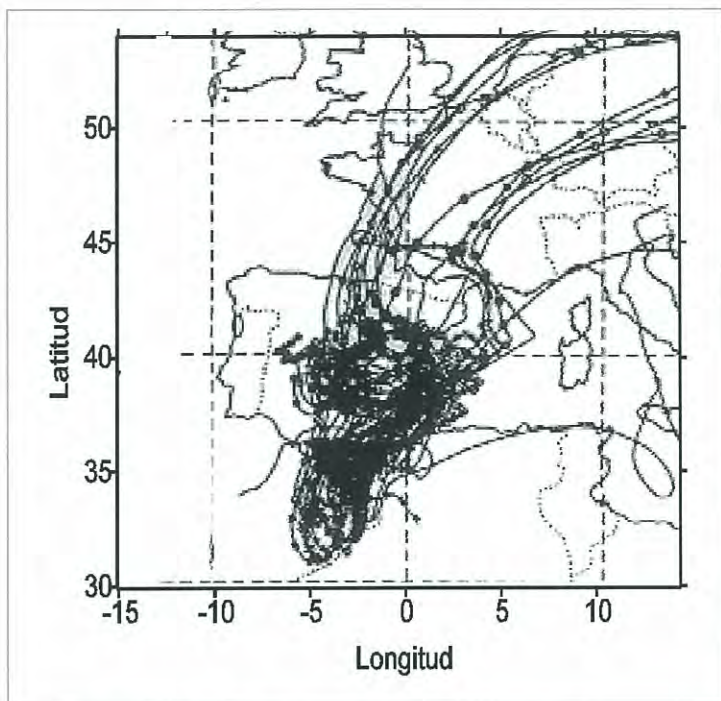


Figura 6. Conjunto de trayectorias calculadas por METEO FRANCE

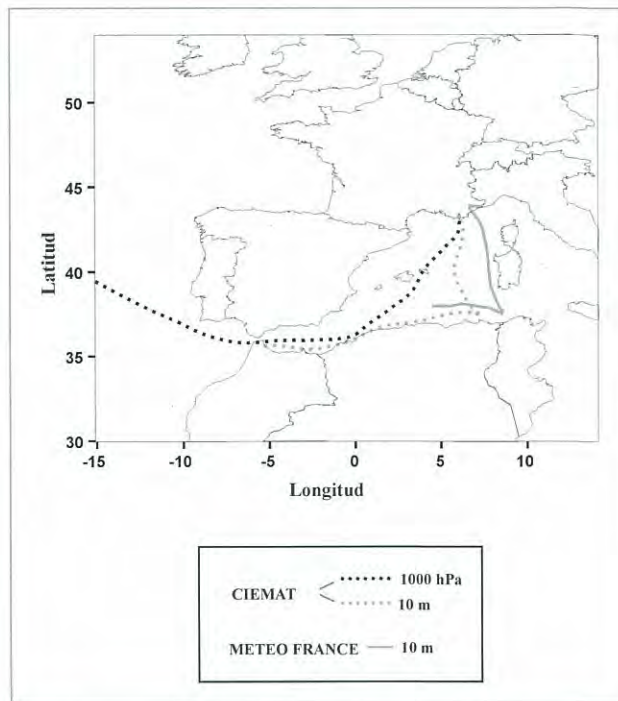
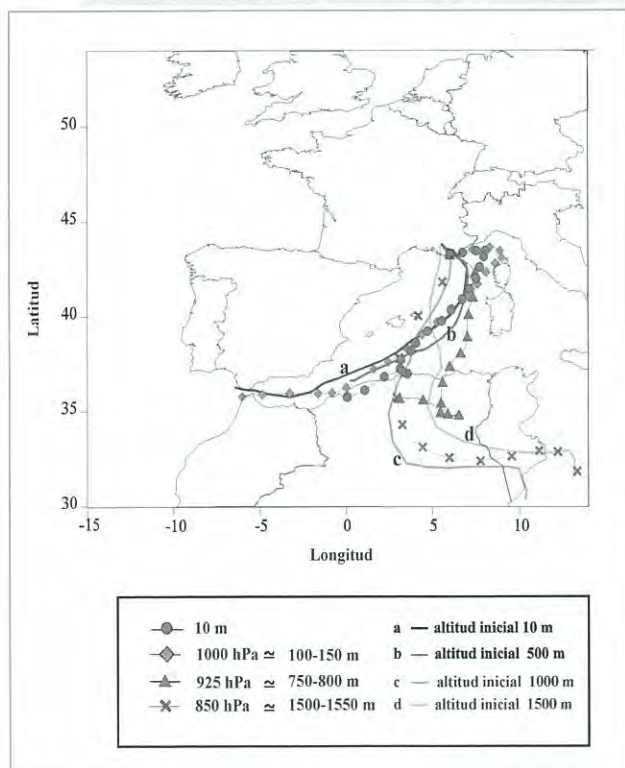


Figura 7. Retrotraectorias llegada día 01 hora 02 TMG.

Figura 8. Retrotraectorias llegada día 02 de Junio horas 20 TMG.



y la duración en días; sólo que se ha supuesto el vertido a una altura de 100 metros. El nivel de trayectorias seleccionada para la comparación ha sido por eso la de 1.000 hPa. Vuelven a ser muy similares las retrotraectorias calculadas por Meteo France y las del Ciemat con llegada a Toulon el día 1 de junio a la 02 horas TMG como se puede apreciar en la figura 7 donde se han superpuesto, para comparación, dos retrotraectorias calculadas por TRAYECTO - la correspondiente a 10 metros y a 1.000 hPa - junto con la calcu-

lada por Meteo France. Más descriptiva resulta aun la figura 8 donde se han dibujado las retrotraectorias con llegada el día 2 de junio a las 20 horas TMG para diferentes niveles y correspondientes a Meteo France y a las obtenidas con TRAYECTO. En el texto de la figura se puede ver la definición de cada trayectoria, las designadas por las letras a, b, c y d corresponden a Meteo France y las retrotraectorias del Ciemat vienen señalizadas por diferentes símbolos según el nivel. Las que más se parecen en los caminos recorridos son las que tienen más cercanas sus alturas iniciales (la "a" a 10 metros con las de 10 metros y 1000 hPa del Ciemat y la "d" con la correspondiente a 850 hPa). Los resultados de TRAYECTO y las retrotraectorias de Meteo France son similares a pesar de que puede inferirse, aunque no esta explícitamente escrito

en los documentos consultados, que el modelo de Meteo France sí considera la componente vertical del viento.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados presentados pueden resaltarse las siguientes conclusiones:

- El modelo TRAYECTO, desarrollado por el grupo de Modelización de la contaminación atmosférica del Ciemat para el cálculo de trayectorias, ofrece buenos resultados en el análisis del movimiento experimentado por una masa contaminada de aire con Cs-137, incidente Acerinox mayo de 1998, a pesar de la simplificación isobárica. Las características del camino recorrido - la mayor parte sobre el mar Mediterráneo- ha favorecido la bondad de los resultados.

- La comparación de trayectorias calculadas por nuestro modelo y las debidas al LLNL son altamente satisfactorias a pesar de que utilizan datos de entrada resultantes de modelos meteorológicos diferentes. Los mismos buenos resultados se obtienen de la comparación con las retrotrayectorias de Meteo France para diferentes días y horas de llegada a Toulon y en las trayectorias directas de las últimas horas del día 27 y comienzo del día 28 de mayo. Esta semejanza, sin embargo, no se mantiene cuando se comparan trayectorias directas de los días 29 y 30 de mayo pero no hay que olvidar que fueron las retrotrayectorias, trazadas desde Toulon por Meteo France, las que advirtieron de un posible vertido en el sur de España.

- La disponibilidad de un procedimiento de cálculo como TRAYECTO y el acceso en tiempo real a los datos de viento de análisis y pronóstico del modelo ECMWF hacen posible que, en cualquier momento, pueda determinarse con un cierto grado de incertidumbre que puede cuantificarse, la procedencia de cualquier vertido radiactivo. Las limitaciones en número y la especificidad de focos con liberaciones potenciales radiactivas a la atmósfera favorece la asignación de relaciones fuente-receptor.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por OCICEMAT, dentro del Proyecto PIE 131.103 "Determinación e implicaciones de la metodología de cargas/niveles críticos de contaminantes".

Los autores quieren agradecer al ECMWF por suministrar los datos necesarios para el cálculo de las trayectorias y a D. David Cancio (CIEMAT) por su aporte de información respecto del incidente y sus gestiones con IPSN-Meteo France a fin de disponer de la información y poder referenciarla. El trabajo de D^a Blanca Casado (CIEMAT), que ha permitido la comparación de datos de diferentes fuentes, ha facilitado enormemente a los autores el análisis y la exposición de resultados.

REFERENCIAS

(1) Stohl A. (1998): Computation, accuracy and applications of trajectories. A review and bibliography. *Atmospheric Environment* 32, 947-966.

(2) Merrill J. T., R. Bleck and Boudra, D. (1986): Techniques of trajectory analysis in isentropic coordinates. *Monthly Weather Review* 114, 571-581.

(3) Danielsen E. F. (1961): Trajectory: isobaric, isentropic and actual. *Journal of Meteorology* 18, 479-486.

(4) Stohl A. and Seiberg P. (1998): Accuracy of trajectories as determined from the conservation of meteorological tracers. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 124, 1465-1484.

(5) Steinacker R. (1984): Air mass and frontal movement around the Alps. *Riv. Di Meteorol. Aeron.* 44, 85-93

(6) Martin D., Mithieux, C. and Strauss, B. (1987): On the use of the synoptic vertical wind component in a transport trajectory model. *Atmospheric Environment* 21, 45-52.

(7) Martin D., Bergamatti, G. and Strauss, B. (1990): On the use of the synoptic vertical wind component in a transport trajectory model: Validation by geochemical tracers. *Atmospheric Environment* 24A, 2059-2069.

(8) Kindelan J. M. (1998): Fusión de una fuente de cesio 137 en la planta de Acerinox (Algeciras). Comparecencia del presidente del CSN Don Juan Manuel Kindelan ante la Comisión de Industria, Energía y Turismo del Congreso de los Diputados. Consejo de Seguridad Nuclear. 30 de junio de 1998.

(9) Ledevic P. and Barescut J.C. (1998): Contamination anormale des aerosols atmosphériques par le Cesium 137 sur le période du 1er et 2 juin 1998. Rapport DPRE /98-01. Institut de protection et de sureté nucléaire.

(10) Kahl J. D. (1993): A cautionary note on the use of air trajectories in interpreting atmospheric chemistry measurements. *Atmospheric Environment* 29 A, 3037-3038.

(11) Draxler R. R. (1996): Boundary layer isentropic and kinematic trajectories during the August 1993 North Atlantic Regional Experiment Intensive. *Journal of Geophysical Research* 101, 29,255-29,268.

(12) Haagenson P. L. and Sperry P. D. (1989): A relationship of isentropic back trajectories with observed wind direction and synoptic type in the North Atlantic. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 28,25-42.

(13) Nasstrom J. S. and Pace J. C. (1998): Evaluation of the effect of meteorological data resolution on lagrangian particle dispersion simulations using the ETEX experiment. *Atmospheric Environment* 32, 4187-4194.

NOTICIAS

d e

ESPAÑA

Reuniones sobre Protección Radiológica en Málaga

El pasado mes de abril se celebraron diversas reuniones relacionadas con la Protección Radiológica, organizadas por el Grupo de Investigación en Protección Radiológica de la Universidad de Málaga (PRUMA).

La primera de ellas, bajo el título "I Jornadas Universitarias sobre Protección Radiológica", de la Asociación de Profesores Universitarios de Radiología y Medicina Física (APURF), tuvo lugar los días 8, 9 y 10. Los objetivos que motivaron su desarrollo han sido conocer y describir los siguientes aspectos:

1. Los criterios actuales y las nuevas tendencias de reducción de dosis a pacientes, personal profesionalmente expuesto y miembros del público en general, en las especialidades médicas de Radiodiagnóstico, Radioterapia y Medicina Nuclear.
2. Los estudios actuales en materia de protección radiológica ambiental, con especial atención al Radón y otros gases contaminantes.
3. El estado actual de la legislación vigente en Protección Radiológica en España (Consejo de Seguridad Nuclear) y en otros Organismos Internacionales como son: Organismo Internacional de Energía Atómica, Organización Mundial de la Salud, Comisión Internacional de la Protección Radiológica, Comisión Europea.
4. Los estudios actuales en materia de protección frente a radiaciones no ionizantes, centrados principalmente en los efectos secundarios del uso de campos electromagnéticos.
5. El estado actual y propuestas de mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Protección Radiológica en las Universidades y

Escuelas Universitarias: Docencia Pregrado, Postgrado y Formación continuada.

Un total de 125 asistentes participaron en las citadas Jornadas donde se presentaron un total de 49 comunicaciones relacionadas con 7 áreas temáticas: Radiología Ambiental; Protección Radiológica en Radioterapia; Protección Radiológica en Medicina Nuclear; Protección frente a Radiaciones No Ionizantes; Docencia Universitaria de la Protección Radiológica; Protección Radiológica en Radiodiagnóstico; Formación Continuada en Protección Radiológica.

Asimismo, el viernes 9 de Abril a las 18,00 horas tuvo lugar la Conferencia Magistral Invitada, bajo el título: Marco Institucional en Materia de Seguridad Radiológica, impartida por el Ilmo. Sr. D. Abel Julio González, Director de la División de Seguridad Radiológica del OIEA.

Dicha conferencia, que duró dos horas, comenzó haciendo referencia a los efectos de radiaciones ionizantes sobre los seres vivos, continuó con la situación actual de los accidentes habidos en el ámbito mundial en los dos últimos años y concluyó con una película sobre 7 pacientes tratados (en el Instituto del Cáncer de París) de los efectos adversos producidos por fuentes de Sr, halladas en la Antigua Unión Soviética.

Los interesados en algunos de los trabajos presentados en estas jornadas pueden contactar con el Prof. Rafael Ruiz Cruces, mediante correo electrónico:

rrcmf@uma.es

o bien a la siguiente dirección: Departamento de Radiología y Medicina Física, Facultad de Medicina, c/ Campus de Teatinos, s/n. Málaga. E-29071.

Seminario Internacional sobre Protección Radiológica en Radiología Intervencionista

El día 12 de abril de 1999 se celebró un Seminario Internacional sobre Protección Radiológica en Radiología Intervencionista. Los objetivos que motivaron su desarrollo fueron:

1. Valorar el papel del Organismo Internacional de la Energía Atómica y de otros Organismos Nacionales e Internacionales en la Protección Radiológica en Radiología Intervencionista.
2. Conocer las dificultades técnicas de los procedimientos de RI, desde el punto de vista del Radiólogo.
3. Determinar los criterios actuales de reducción de dosis a pacientes y personal profesionalmente expuesto, para evitar la aparición de efectos deterministas.
4. Describir los parámetros técnicos del equipamiento y su manejo adecuado, así como su influencia en la dosis a pacientes y personal profesionalmente expuesto.
5. Presentar la metodología actual para la obtención de los valores de referencia a pacientes.
6. Evaluar la importancia de los programas de Formación en Protección Radiológica para este colectivo de profesionales.

Un total de 177 asistentes debatieron sobre un tema que preocupa por las dosis que pueden recibir los pacientes y, por supuesto, los profesionalmente expuestos al realizarse estos procedimientos intervencionistas.

En el acto inaugural estuvieron presentes, el Rector de la Universidad de Málaga, Antonio Díez de los Ríos Delgado; el Decano de la Facultad de Medicina de Málaga, Ignacio Pérez de Vargas Ferroni; el Director de la División de Seguridad Radiológica del Organismo Internacional de Energía Atómica, Abel Julio González; el Presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Xavier Ortega Aramburu, y

el Presidente de la Sociedad Española de Radiología Vasculat Intervencionista, Alberto Martín Palanca.

Tras el acto inaugural, se celebró la primera mesa redonda, presidida por el Dr. Abel Julio González, para valorar el papel de los organismos competentes en materia de Protección Radiológica en Radiología Intervencionista. En primer lugar, intervino el Dr. González impartiendo el tema: Normas básicas de Seguridad Radiológica en Radiología Intervencionista. Hizo hincapié en la importancia de aplicar las normas internacionales de seguridad en los trabajadores expuestos y en los pacientes, para evitar la aparición de efectos deterministas. Asimismo, realizó una serie de propuestas a desarrollar en un futuro próximo, como la edición de nuevas guías de seguridad radiológica en radiología intervencionista, potenciar los proyectos de investigación en esta materia, la creación de cursos de formación en protección radiológica al paciente en general y en radiología intervencionista en particular, la organización de una Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica al Paciente y la realización de grupos de expertos designados por el OIEA que desarrollen programas de ayuda técnica en Radiología Intervencionista a países que lo soliciten.

El Prof. Eliseo Vañó, representando al Dr. Polledo (Director de Salud Pública del Ministerio de Sanidad Español), expuso el total apoyo del Ministerio de Sanidad ante cualquier tema relacionado con la Protección Radiológica en Medicina y concretamente en el ámbito de la Radiología Intervencionista.

El Consejo de Seguridad Nuclear debería haber estado representado por el Subdirector de Protección Radiológica, José Luis Butragueño, quien no pudo participar al haber sido convocado para otra reunión internacional.

Representando al OIEA participó el Dr. Pedro Ortiz López, que comentó todos los programas en materia de protección radiológica en medicina, que actualmente se desarrollan en los países miembros del OIEA, entre los cuales destacó la Guía de Seguridad Radiológica sobre Aspectos Prácticos de Protección Radiológica en Radiología Intervencionista y el proyecto de investigación sobre Metodología de

obtención de valores de referencia en Radiología Intervencionista, donde participan grupos de investigación de tres universidades españolas.

El Dr. Keith Faulkner expuso el Papel de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), centrando su ponencia en la necesidad de cumplir los criterios de justificación, optimización y limitación de dosis en los procedimientos de Radiología Intervencionista, todo ello basado en las recomendaciones que hace ICRP en sus publicaciones 60 (ICRP-1991) y 73 (ICRP-1996). Actualmente el Comité 3 de la ICRP está elaborando un documento sobre cómo evitar los aspectos de los efectos deterministas en Radiología Intervencionista.

El Papel de la Organización Mundial de la Salud ante la Protección Radiológica en Medicina y concretamente sobre la Radiología Intervencionista, fue expuesto por Eliseo Vañó, Catedrático de Radiología y Medicina Física de la Universidad Complutense (Madrid). Hizo mención a los estudios que actualmente se desarrollan en materia de la protección radiológica en este Organismo Internacional y abogó por una unión de criterios entre todos los Organismos competentes en la materia, centrándose en tres puntos importantes: formación y entrenamiento para todo el personal implicado, determinación de valores de dosis a pacientes y al profesionalmente expuesto en los procedimientos intervencionistas; y actualización de sistema de reducción de dosis y sistema de medida en los equipos digitales que salen al mercado.

En resumen, se puede decir que todos los organismos competentes en la materia presentaron una actitud positiva para la puesta en marcha de medidas que optimicen el sistema de limitación de dosis y se puedan cumplir las recomendaciones de la Directiva 97/43 EURATOM.

La segunda mesa redonda, presidida por Manuel Martínez Morillo, Catedrático de Radiología y Medicina Física de la Universidad de Málaga, se denominó Radiología Intervencionista: Aspectos Técnicos Radiológicos. Intervinieron los Dres. Alberto Martín Palanca y Antonio Hernández Lezana, ambos expertos Radiólogos Intervencionistas de los Hospitales Universitarios Virgen de la

Victoria (Málaga) y San Carlos (Madrid), respectivamente. Ambas ponencias trataron de evaluar la dificultad de realización de estos procedimientos desde el punto de vista del radiólogo: las zonas anatómicas con más dificultad de introducir guías y catéteres, las zonas donde se debe utilizar radioscopia de alta dosis, etc., todo ello dividiendo los procedimientos en vasculares y no vasculares. En la discusión se estableció un coloquio sobre la necesidad de redactar el desarrollo completo, tanto médico como físico, de cada uno de los procedimientos que supongan un riesgo mayor desde el punto de vista de la Protección Radiológica.

Por último, se celebró la tercera mesa redonda, presidida por José Hernández Armas, Catedrático de Radiología y Medicina Física de la Universidad de La Laguna (Tenerife), sobre Aspectos Técnicos de Protección Radiológica en Radiología Intervencionista. Tras una introducción sobre la importancia y actualidad del presente tema, cedió la palabra a Eliseo Vañó, que defendió la necesidad de una formación en Protección Radiológica específica en Radiología Intervencionista, centrada en todos los personales implicados en Radiología Intervencionista:

- Radiólogos Intervencionistas
- Diplomados en Enfermería
- Técnicos Especialista en radiodiagnóstico
- Radiofísicos Hospitalarios
- Ingenieros que desarrollan los equipos.

Hizo mención a la importancia de una formación especializada o de 2º grado en Radiología Intervencionista

Acto seguido, intervino el Dr. Faulkner centrando su ponencia en clarificar los criterios y medidas de protección radiológica en el Personal de Radiología Intervencionista. Dijo que si se siguen las normas de seguridad para el personal (utilización de todos los protectores, no permanecer en la sala en los momentos de adquisición de imágenes, no superar una tasa máxima de exploraciones/año por radiólogo) y además se emplean los medios de protección adicionales, como mamparas móviles, cortinas o faldones plomados que rodeen a las mesas y otros mecanismos propios del diseño de estos equipos, se reducirán las dosis del personal al máximo, evitando la posible

presentación de efectos deterministas y siendo menos probable la aparición de efectos estocásticos en los miembros profesionalmente expuestos.

En tercer lugar, presentó su ponencia Rafael Ruiz Cruces, Profesor Titular de Radiología y Medicina Física de la Universidad de Málaga, que versó sobre el estado actual de la Protección Radiológica al Paciente. Al referirse al método ideal sobre cómo determinar los valores de referencia, abogó por el producto de la dosis por área (PDA) por su relativa facilidad de su medida, por no influir en la realización técnica de los procedimientos radiológicos y por ser una referencia fiable, para estimar otras referencias como las dosis en órganos o la dosis efectiva, mediante metodología de aproximación matemática (Método de Monte Carlo). Asimismo hizo mención a la importancia de la dosis de entrada en superficie (DES), como magnitud para determinar la dosis en piel, y prevenir efectos deterministas en estos procedimientos.

Por último, cerró esta mesa redonda Francisco Vaquero Moreno, Ingeniero de la Philips Medical Systems, que presentó los últimos avances de los equipos diseñados específicamente para procedimientos de Radiología Intervencionista. En estos ya aparece una cámara de ionización plana, la cual mide realmente el producto de la dosis por el área irradiada y no como en equipos antiguos que empleaban otro tipo de acercamientos matemáticos mediante fotodiodos y lectores lumínicos. El Prof. Vañó indicó que todos los equipos que actualmente salen al mercado poseen sistemas de medidas fiables, a propuesta y recomendación la Comisión Europea. Entre todos los participantes se pudieron extraer recomendaciones técnicas a cumplir para aplicar los criterios de justificación, optimización y limitación de dosis:

1. Motivación por parte del personal implicado a realizar los procedimientos teniendo en cuenta los principios generales de la Protección Radiológica.
2. Realizar los procedimientos en un periodo de tiempo lo menor posible, evitando la repetición de pruebas al mismo paciente.
3. Utilizar tasas de dosis de fluoroscopia bajas (convencional) o pulsadas, evitando la aplicación de modos de al-

ta dosis, sin ser estrictamente necesario.

4. Evitar al máximo que los órganos más sensibles queden incluidos en el haz de radiación primario. Esto puede llevarse a cabo mediante la máxima colimación posible, o usando proyecciones alternativas.

5. Intentar cambiar de dirección el haz primario para evitar la permanencia de la radiación en una zona de piel de forma continua. Esto podría reducir la aparición de los efectos deterministas.

6. Establecer unos valores de referencia de dosis por cada procedimiento. Esta recomendación es actualmente demandada por EURATOM en su directiva 97/43. Para ello, animó a todos los Servicios de Radiofísica y los Radiólogos Intervencionistas para obtener valores de dosis a pacientes en cada procedimiento, a fin de conseguir unos valores representativos en el ámbito nacional.

En la discusión final, cabe destacar algunas preguntas efectuadas por los asistentes y ponentes. La Profesora Pilar Morán preguntó sobre la incongruencia que aparece en ICRP-60 sobre el límite de 100 ó 150 mSv como dosis límite en Cristalino. El Prof. Vañó citó que existe esa pequeña incongruencia técnica el documento ICRP, pero consideraba que la dosis límite que debería tomarse como referencia era la de 150 mSv/año. Por otra parte, intervino el Dr. Moreno, Radiólogo Intervencionista del Hospital de Huelva, para buscar soluciones en el ámbito de organización técnica y sanitaria en los Centros donde se realicen estos procedimientos. Valoró la importancia de la protección radiológica en este tema y la falta de información a todos los niveles hospitalarios de las posibles lesiones que pueden motivar las radiaciones ionizantes.

El Prof. Ruiz Cruces preguntó al Dr. Faulkner, sobre los estudios actuales para determinar efectos deterministas en la glándula parótida, órgano no protegido por los protectores actuales. El Dr. Faulkner expuso que hasta el momento existen pocos estudios al respecto, que está siendo estudiado por un grupo canadiense y que habrá que esperar resultados más concluyentes.

Para terminar, cerró la sesión el Prof. Ruiz Cruces, agradeciendo a todos los participantes y asistentes sus colaboraciones y participación en el evento, con las siguientes conclusiones:

1. Valorar la importancia de las propuestas realizadas por el Prof. González al comienzo del Seminario Internacional:

- Elaboración de Guías de Seguridad en materia de Protección Radiológica al paciente, y concretamente en Radiología Intervencionista.

- La promoción de Cursos de Formación en Protección Radiológica de pacientes en general y de Radiología Intervencionista en particular.

- Desarrollo de material educacional en este tema.

- Organización de una Conferencia Internacional en materia de Protección Radiológica al Paciente. Se hizo mención a que España podría ser un magnífico país para celebrarla.

- La puesta en marcha de un Programa Coordinado de Investigación (CRP) en esta materia, con temas específicos como relación dosis-efectos en órganos como cristalino, piel, etc.

- La puesta en marcha de programas técnicos de cooperación internacional en materia de protección radiológica al paciente.

- La organización de un servicio técnico de revisión, formados por expertos en materia de protección radiológica al paciente en radiodiagnóstico, radioterapia, medicina nuclear, y otros procedimientos radiológicos. Estos servicios técnicos participarían en misiones de asesoramiento a otros países siempre que sean solicitadas al Organismo Internacional de la Energía Atómica.

2. Incidir en la necesidad de aunar esfuerzos en trabajos de investigación en este tema en todo el territorio nacional, máxime después del reto lanzado por el Prof. González, colocando a España en la cresta de ola en la Protección Radiológica en Radiología Intervencionista. Actualmente, los tres grupos de investigación universitarios de Madrid, Tenerife y Málaga, trabajan coordinados para obtener valores de referencia a pacientes en esta materia y están abiertos a aceptar otros grupos

que deseen entrar a participar en esta línea de investigación.

3. Agradecer a la Sociedad Española de Protección Radiológica su total apoyo expresado por su Presidente y su Vicepresidente, los Prof. Ortega y Hernando, en todos los trabajos que surjan en materia de Protección Radiológica en Radiología Intervencionista.

Reunión del Grupo de consultores del OIEA en materia de Protección Radiológica en Radiología Intervencionista

Durante la semana del 13 al 16 de abril se ha celebrado en la Facultad de Medicina de Málaga, la 3ª reunión del GRUPO DE OIEA sobre Protección Radiológica en Radiología Intervencionista. Estuvieron presentes el Dr. Pedro Ortíz López, representando a la subdirección de protección radiológica del OIEA; los Profesores Eliseo Vañó Carruana y Rafael Ruiz Cruces, consultores españoles; el Dr. Keith Faulkner, Newcastle-UK y el Dr. Diederick Teunen, Comisión Europea DG XI. No pudieron asistir en esta ocasión el Dr. Bart Hoornaert, Ingeniero de Philips Medical Systems y el Dr. John Cardella, Radiólogo Intervencionista, New York-EUU.

Tras finalizar la reunión, se terminó la 3ª edición de la Guía de Seguridad con título: Practical Aspects of Radiation Protection in Interventional Radiology. Se espera que sea editada por el OIEA el próximo año 2000.



1ª Intercomparación nacional de contadores de radiactividad corporal

Durante el año 1999, el CSN ha aprobado un acuerdo con el CIEMAT por el que el grupo del Contador de Radiactividad Corporal, perteneciente al Servicio de Dosimetría Interna del CIEMAT realizará la Primera Intercomparación Nacional de CRC.

El encargo de organizar y dirigir esta Intercomparación es consecuencia del papel de Centro de Referencia que viene desempeñando el grupo de Dosimetría Interna de este centro, debido a su experiencia y a sus evaluaciones dentro de la comunidad científica.

La campaña de intercomparación contará con la participación de todos los Servicios de Dosimetría Personal Interna autorizados por el CSN en España que prestan servicio en el ámbito de las Centrales Nucleares.

Este proyecto de Intercomparación de



sistemas de medidas "in vivo" para la vigilancia de los Trabajadores Profesionalmente Expuestos con riesgo de contaminación interna tiene el objetivo de comprobar y estudiar el mantenimiento de los niveles de precisión y exactitud de los resultados obtenidos y la homogeneidad de los datos

proporcionados por dichos Servicios.

Esta campaña tendrá un carácter periódico según la línea de actuación seguida por el CSN para verificar la adecuación de los Servicios de Dosimetría.

Curso Básico de Radiología Intervencionista

Los pasados días 25 y 26 de mayo se celebró en el Hospital Clínico San Carlos

de Madrid el "Curso Básico de Fundamentos de Radiología Intervencionista para Físicos Responsables de los Programas de Protección Radiológica Hospitalarios", organizado por el Servicio de Física Médica y con el patrocinio del Consejo de Seguridad Nuclear.

El curso tuvo una gran demanda que hizo necesario ampliar el número de plazas de las 30 inicialmente programadas hasta un total de 53. Los asistentes fueron principalmente profesionales de Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica de centros sanitarios de toda nuestra geografía, así como algunos representantes de la Universidad, del Consejo de Seguridad Nuclear y de fabricantes de equipos radiológicos.

Durante el Curso se desarrollaron los temas previstos de anatomía, fisiología, radiología vascular, cardiología intervencionista y neurorradiología. El Profesor Lin, de la Universidad de Chicago, desarrolló dos sesiones sobre control de calidad de equipos con fluoroscopia, y los cuatro principales fabricantes de equipos de radiología intervencionista (Philips, General Electric, Siemens y Toshiba) tuvieron la oportunidad de presentar los últimos avances tecnológicos en este tipo de equipos. Finalmente se completó el curso con una visita al nuevo Departamento de Diagnóstico por la Imagen del Hospital Clínico San Carlos.

De la encuesta que se distribuyó a los asistentes cabe destacar que la valoración general del curso, el profesorado y la organización fue satisfactoria, quedando como propuestas para futuras ediciones la inclusión de sesiones prácticas, la ampliación de los contenidos de control de calidad, y el intento de que las presentaciones de los fabricantes de equipos tengan mayores contenidos técnicos específicos.

Se cumple un año del suceso de Acerinox

Operaciones de limpieza

El 30 de mayo de 1998, una fuente radiactiva de cesio 137 fue fundida inadvertidamente en uno de los hornos de la planta de Acerinox en Los Barrios

(Cádiz). La fuente estaba mezclada entre la chatarra que utiliza la factoría para producir acero inoxidable. Como consecuencia de este hecho la propia planta de Acerinox, así como las dos plantas a las que esta empresa envió sus residuos (Egmasa y Presur), resultaron contaminadas.

Para descontaminar las instalaciones se puso en marcha un plan de actuación, controlado por el CSN, que ha permitido la limpieza de las tres plantas y el envío al centro de almacenamiento de El Cabril (Córdoba) de los residuos radiactivos generados para su almacenamiento en condiciones de seguridad. De todas estas actuaciones se ha informado detalladamente al Parlamento de la nación.

En la planta de Acerinox quedan almacenadas temporalmente 1.410 sacas con materiales resultantes de las operaciones de limpieza y descontaminación que, en conjunto, presentan una concentración muy baja de cesio 137 (una media de 15 becquerelios por gramo). El 85% de las sacas presenta valores inferiores a 30 Bq/g, según se detalla en la siguiente tabla:

Rango de concentración de actividad (Bq/g)	Número de sacas en el rango	Porcentaje de sacas
De 1 a 5	248	17,59 %
De 5 a 10	669	47,45 %
De 10 a 20	186	13,19 %
De 20 a 30	99	7,02 %
De 30 a 40	68	4,82 %
De 40 a 50	60	4,26 %
De 50 a 60	48	3,40 %
De 60 a 70	32	2,27 %
Total	1410	100 %

En la actualidad, el CSN está realizando un estudio detallado para determinar qué parte de estos materiales deben considerarse residuos radiactivos.

No es competencia del CSN tomar decisiones sobre el lugar de destino final de los residuos, sino establecer las condiciones en las que podrá ser gestionado el material para garantizar que no exista riesgo radiológico, lo que hará una vez finalizado el análisis.

Acciones desarrolladas para evitar otros sucesos similares

En el año transcurrido desde el suceso, el Consejo de Seguridad Nuclear ha puesto en marcha actuaciones de diversa in-

dole para controlar mejor los riesgos radiactivos que pueda entrañar la manipulación y fundición de chatarra.

Para ello, el CSN ha trabajado conjuntamente con el Ministerio de Industria y Energía, las organizaciones patronales de la industria siderúrgica (Unesid) y de la recuperación del metal (FER), el Ciemat y Enresa. A continuación se detallan las acciones más importantes.

1. Nuevas competencias para el CSN y establecimiento de bases legales para el control de la chatarra

• En la nueva Ley de tasas del Consejo de Seguridad Nuclear, aprobada por el Congreso de los Diputados el 15 de abril de 1999, se han incluido funciones que permiten al organismo actuar en situaciones radiológicas excepcionales, como fue el caso de Acerinox, y se han ampliado sus competencias en vigilancia ambiental. Concretamente, la ley permite al CSN:

- "inspeccionar, evaluar, controlar, informar y proponer a la autoridad competente la adopción de cuantas medidas de prevención y corrección sean precisas ante situaciones excepcionales de emergencia... cuando tengan su origen en instalaciones, equipos, empresas o actividades no sujetas al régimen de autorizaciones de la legislación nuclear"

- "controlar y vigilar la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional... y colaborar con las autoridades competentes en materia de vigilancia radiológica ambiental fuera de las zonas de influencia de las instalaciones nucleares o radiactivas"

Asimismo, la ley establece que "la gestión de los residuos radiactivos generados en los sujestos excepcionales" podrá ser efectuada con cargo a los rendimientos financieros de Enresa.

• El CSN ha preparado una guía de seguridad con recomendaciones técnicas para implantar los sistemas de vigilancia de la radiación en acerías y centros de recuperación de metales.

• El CSN y la Dirección General de la Energía han elaborado un procedimiento para transferir a Enresa el material ra-

diactivo que se detecte fuera de las instalaciones sometidas a legislación nuclear.

2. Instalación de sistemas de detección

• El Ministerio de Industria y Energía, con el asesoramiento del CSN, ha impulsado la instalación de sistemas de detección en las acerías y en los centros donde se manipulan cantidades significativas de chatarra. En el año transcurrido desde el suceso de Acerinox todas las acerías españolas asociadas a Unesid (que representan el 99% de la producción de acero nacional) y los principales almacenes de recuperación de metales han instalado sistemas de detección compuestos por:

- Pórticos automáticos, situados a la entrada y salida de las plantas.
- Sistemas portátiles de detección.
- Sistemas de análisis durante el proceso para garantizar que los materiales están libres de radiación.

• Gracias a estos dispositivos, en el año transcurrido se han detectado:

- Varias piezas metálicas ligeramente contaminadas con productos naturales, procedentes de industrias no nucleares
- Varias piezas de uranio empobrecido cuyo uso como contrapeso en aviones o como blindaje de la radiación está exento de control.

- Dos paneles de instrumentos de navegación de la cabina de un avión conteniendo radio.

- Fuentes de radiación:

- tres fuentes de radio en una acería de Badajoz, procedentes de Rusia.
- tres fuentes de cesio en una acería de Sevilla, procedentes de Costa de Marfil o de Benín.
- dos pararrayos radiactivos de americio en un almacén de chatarra en Cádiz.
- una fuente de cobalto en Vizcaya, cuya procedencia se está investigando.

3. Asistencia técnica

Se ha creado un grupo de asistencia técnica para proporcionar apoyo a las acerías y almacenes de chatarra en materia de instrumentación y protección radiológica.

El Ciemat ha desarrollado varios estudios específicos para determinar los niveles de alarma de los sistemas automáticos de

detección y un estudio para definir las características más adecuadas de los sistemas de detección de la radiación en el proceso de las acerías.

4. Programa de formación

Se ha implantado un programa de formación en protección e instrumentación radiológica del personal directivo y técnico, y de información para el resto del personal de las acerías y almacenes de chatarra.

Se han impartido varios cursos para los técnicos y directivos de los socios de Unesid y FER; se ha preparado material didáctico para la formación básica del personal técnico y material divulgativo sobre las precauciones que debe tomar el resto del personal para evitar riesgos radiológicos.

5. Regulación internacional

España ha solicitado a la Comisión Europea la adopción de medidas a escala comunitaria para la vigilancia radiológica de la chatarra. Como consecuencia de esa petición, a finales del mes de abril se celebró en Luxemburgo una reunión de expertos de diferentes países de la Unión Europea, en la que participaron técnicos del Ministerio de Industria y el CSN.

En la reunión, en la que se puso de manifiesto que las actuaciones españolas en desarrollo legal son de las más avanzadas de Europa, la Comisión anunció que estudiará la posibilidad de elaborar normativa y establecer controles en puertos y fronteras con países terceros.

6. Mejora de la vigilancia radiológica ambiental

Para mejorar la vigilancia radiológica ambiental, el CSN instalará una red de muestreadores de aire de alto caudal, con sistemas de medida de muy alta sensibilidad.

La red de estaciones automáticas y la de los laboratorios asociados en funcionamiento actualmente, similar a la de los demás países europeos, está diseñada para detectar concentraciones de isótopos radioactivos en el aire provenientes de sucesos de mayor importancia radiológica. Sin embargo, la nueva red, gracias a su alta sensibilidad, mejo-

rá el sistema de vigilancia de la calidad radiológica de la atmósfera, de manera que sea capaz de detectar concentraciones muy pequeñas, como las originadas en este tipo de sucesos.

Por otra parte, el CSN firmó el pasado 3 de mayo un convenio con el Ministerio del Interior para mejorar el sistema nacional de emergencias en todo tipo de emergencias radiológicas, incluidas las que pudieran producirse fuera de las instalaciones reguladas, como fue el caso de Acerinox.

Fuente CSN

Nueva Presidenta de la Sociedad de Protección Radiológica Mexicana



Maricela Verdejo Silva ha sido nombrada Presidenta de la Sociedad de Protección Radiológica Mexicana, en el último Congreso de esta Sociedad

celebrado en Acapulco.

Con una sólida formación en Administración y Dirección de Empresa (es Doctora en Administración y Diplomada en alta Dirección de Empresa), su trayectoria profesional está muy ligada a las áreas de investigación y salud. En la actualidad es Directora de Riesgos Radiológicos de la Secretaría de Salud de la Dirección General de Salud Ambiental de México.

La Dra. Verdejo participó activamente en el curso y la jornada sobre sociedad y riesgo radiológico organizadas por la SEPR. Desde estas páginas le hacemos llegar nuestra felicitación y los mejores deseos en esta nueva etapa.

Nuevo Presidente de la SEMN

El Dr. José María Freire, del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Puerta del Mar, de Cádiz, ha sido elegido recientemente como presidente de la Sociedad

Española de Medicina Nuclear. En su mandato, que se extenderá hasta el año 2001, el nuevo presidente tiene previsto dar especial relevancia a la implantación de un sistema de calidad en medicina nuclear en los servicios hospitalarios españoles.

Ley de Tasas y Precios Públicos del CSN

La Ley 14/1999 de tasas y precios públicos por servicios prestados por el CSN introduce modificaciones importantes en el sistema de financiación del Organismo, basado en el cobro de tasas por prestación de servicios.

Esta revisión ha pretendido tener en cuenta la necesidad de mejorar la correlación existente entre las tasas de los diferentes servicios prestados y su coste real. Se considera que, hasta el momento, la presión recaudatoria sobre la función nuclear era superior al coste, mientras que en el área de los residuos radiactivos era claramente inferior. Con esta nueva ley, la recaudación en centrales nucleares disminuye un 5% sobre el total de ingresos, la correspondiente al ciclo y residuos se incrementa en un 3% y en el área de instalaciones radiactivas se espera un incremento del 2%.

Específicamente, la tasa de inspección y control de las centrales nucleares, que era el 0,8% del valor anual de la producción, se sustituye por una cantidad fija en función de la potencia autorizada de la planta. En la misma línea, la tasa por inspección y control del almacenamiento de residuos se correlaciona con la cantidad almacenada durante el año (en el caso de instalaciones de investigación, se establece una tasa fija de dos millones de pesetas). En el área de instalaciones radiactivas se actualizan las tasas de evaluación e inspección y control, manteniendo siempre el objetivo de no perder la proporción entre la tasa y la capacidad económica del sujeto pasivo.

Esta ley define también nuevas funciones para el CSN en materia de normativa, actuación en situaciones excepcionales y control y vigilancia del medio ambiente en todo el territorio nacional.

Fuente: Revista Seguridad Nuclear. Número 12. 1999.

NOTICIAS

d e l

MUNDO

Convención Internacional sobre Seguridad Nuclear

Los Estados que forman parte de la Convención Internacional sobre Seguridad Nuclear están dando pasos en la dirección correcta para lograr y mantener un alto nivel de seguridad en las instalaciones nucleares existentes en todo el mundo, objetivo que necesita de la cooperación internacional y del reforzamiento de medidas nacionales.



La delegación española en la Convención estuvo formada por autoridades del CSN, presidida por su Presidente D. Juan Manuel Kindelán



El Profesor Agustín Alonso, consejero del CSN, presidió el Grupo 3 del cual formó parte España

De un total de 50 delegaciones de los países firmantes de la Convención, 45 se reunieron durante dos semanas del pasado mes de abril en la sede del OIEA, en Viena, para revisar los planes y el progreso realizados. La reunión fue presidida por Mr. Lars Hoegberg, de Suecia, y su principal propósito fue revisar el programa de seguridad nuclear de cada una de las partes firmantes de la Convención, en

línea con las obligaciones de cada Estado en la misma. Cada informe nacional fue ampliamente discutido y revisado, incluyendo el intercambio de cuestiones escritas y comentarios.

En un informe resumen de conclusiones se hace notar que el proceso de revisión ha demostrado el fuerte compromiso con los objetivos de seguridad de la Convención. Asimismo, se constata que ha habido variaciones tanto en los niveles con que las partes firmantes comenzaron la implantación de las obligaciones de la Convención, como de los recursos disponibles a escala nacional para la mejora de los programas en curso. El Informe Resumen completo de la reunión está accesible a través del servicio de Internet del OIEA WorldAtom, en la dirección

<http://www.iaea.org>.

Riesgo de cáncer en los hijos de los trabajadores de la Industria Nuclear

Un estudio sobre niños y jóvenes cuyos padres trabajaron en la industria nuclear británica revela que la incidencia de cáncer y leucemia es muy baja en cifras absolutas y similar a la registrada en la población en general.

Los resultados de este estudio fueron publicados el día 29 de mayo en la edición de la British Medical Journal, y en el mismo se trata de correlacionar el número de casos de cáncer desarrollados en una población de 46.000 niños y jóvenes hasta la edad de 25 años, descendientes de trabajadores de la industria nuclear (padre, madre o ambos), con los registros de las tasas de exposición a la radiación recibidas por estos trabajadores en la fase previa a la concepción de sus descendientes.

Para este grupo de población el número total de casos de cáncer registrados es de 111, que los autores consideran como la proporción esperada para el tamaño de la muestra y edad de los individuos objeto del estudio. De estos casos de cáncer, 28 corresponden a leucemia.

De los casos de leucemia, se han identificado 3, en los que sus padres estuvieron expuestos a dosis superiores a 100 mSv (10 rem) en el período previo a la concepción. Dos de estos casos, habían sido también registrados en el Informe GARDNER, por tanto, un sólo caso adicional de leucemia ha sido identificado en este estudio, lo que dificulta en gran medida la interpretación de los resultados dada la singularidad de las escasas incidencias observadas.

En las conclusiones del estudio se señala que la teoría de Gardner, que a principios de los años noventa asociaba las dosis recibidas por los trabajadores en la fase previa a la concepción de sus descendientes con el incremento del riesgo de leucemia, no puede ser confirmada con los resultados de este estudio, aunque tampoco puede desautorizarse con los casos singulares registrados a relativamente altas dosis de exposición de los progenitores.

PUBLICACIONES

Regards sur Olmany

ISBN: 2 9513041 0 2

Olmany es una población de 1.300 habitantes, situada en la región de Brest, al suroeste de Bielorrusia, a 200 kilómetros de Chernobil.

Su vida, dedicada a la agricultura y la

ganadería, cambió el 26 de abril de 1996, y desde entonces han aprendido de nuevo a vivir en su región, con la ayuda de organismos internacionales.

Este libro, de una belleza en imágenes excepcional, recoge imágenes de la vida diaria de sus habitantes, que conocen perfectamente el uso del dosímetro y de los contadores de radiación.



Las fotografías se ha realizado dentro del proyecto europeo Ethos para la rehabilitación de las condiciones de vida en los territorios contaminados por el acci-



dente de Chernobil. El libro es distribuido por CEPN, Route du Panorama, BP 48, 92263 Fontenay-aux-Roses Cedex. Francia.



Curso de transporte de material radiactivo

Editorial CIEMAT

Esta publicación recoge las ponencias presentadas en el primer curso de transporte de material radiactivo, organizado por la SEPR.

Está dividido en cinco módulos: Marco

legal; materiales y tipos de bultos; disposiciones administrativas; salida, transporte y recepción de material radiactivo; emergencias, y futura reglamentación.

La información sobre la segunda edición de este curso está incluida en la sección de noticias de la SEPR.

Protocolo Nacional del Control de Calidad en la Instrumentación en Medicina Nuclear

SEFM, SEMN, SEPR
ISBN: 84 88518 48 X

Hace casi ocho años, las tres sociedades editoras de este texto acordaron unir sus esfuerzos con un objetivo preciso: producir un documento que sirviera de guía a sus socios y a otros profesionales a la hora de abordar el control de calidad del equipamiento utilizado en la medicina nuclear. Para ello, formaron un grupo de trabajo, y el resultado de su labor se recoge en esta edición.

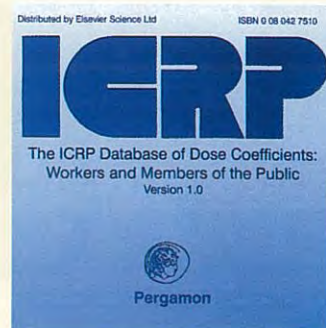
Los socios interesados pueden adquirir ejemplares (3.000 Ptas.) en la secretaría de la Sociedad.



The ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public

ISBN: 008 042 7510

Esta base de datos, editada por ICRP recientemente en soporte CD ROM, es distribuida por Elsevier Science Limited. El precio es de 149 US\$/133,41 euros (copia adicional 50US\$).



Radiation Protection 100

Guidance for protection of unborn children and infants irradiated due to parental medical exposures

A la luz de la Directiva de Exposiciones Médicas (97/43/EURATOM), existe la



necesidad de considerar como un grupo especial de pacientes a las embarazadas y a las mujeres que amamantan. De acuerdo a las recomendaciones de la ICRP de 1990, existe un riesgo de malformación y retraso mental para el embrión-feto así como de cáncer radioinducido para niños pequeños hasta tres veces más alto que para la población media. El beneficio potencial del examen o tratamiento que involucra radiaciones ionizantes es, en la mayoría de los casos, para la madre y sólo de manera indirecta para el embrión-feto, a pesar de incurrir en un riesgo. La intención de este documento es dar alguna guía sobre este subgrupo de pacientes y tras consultar al grupo de expertos del artículo 31 del tratado EURATOM se ha desarrollado esta guía que fue aprobada el 8-9 de junio de 1998 tomando en consideración los comentarios hechos durante la Jornada Internacional celebrada en Madrid el 27 de abril de 1998 sobre la implementación de la Directiva 97/43/EURATOM.

El documento está estructurado en dos capítulos, el primero revisa los efectos biológicos de la radiación ionizante al embrión-feto y al niño; el segundo capítulo proporciona una guía sobre como evitar o minimizar el detrimento al embrión-feto y al lactante. Se completa con

tres anexos, con preguntas típicas de madres y embarazadas, da ejemplos de carteles informativos, da magnitudes dosimétricas y dosis absorbidas típicas en el embrión-feto. El documento será traducido a todas las lenguas oficiales de la Unión Europea.

CARTAS

a l

DIRECTOR

Iniciamos en este número de RADIOPROTECCIÓN la sección "Cartas al Director", abierta a todos los lectores. El Comité de Redacción no mantendrá correspondencia con el autores y se reserva el derecho de cortar el intercambio de opiniones cuando lo considere oportuno.

La "Carta al Director" deberá enviarse a: Revista Radioprotección. C/Isla de Saipán, 47. 28035 Madrid.

Sr. Director de la revista RADIOPROTECCIÓN:

Ruego a usted publique la siguiente reseña, en la cual espero aclarar lo expresado en la Jornada de "Percepción del riesgo", organizada por la SEPR y realizada el pasado día 7 de mayo en la sede del CSIC en Madrid.

En dicha reunión intervine durante el coloquio efectuando una afirmación sobre el impacto radiológico que producen en la población las aplicaciones médicas de las radiaciones. Mi intervención, seguramente mal formulada, provocó una réplica que evidenció que había sido mal interpretado. En el coloquio se hablaba de las radiaciones "malas", debidas a la utilización de la energía nuclear, y las "buenas", constituidas por las aplicaciones médicas que finalmente tienen que ver con la salud.

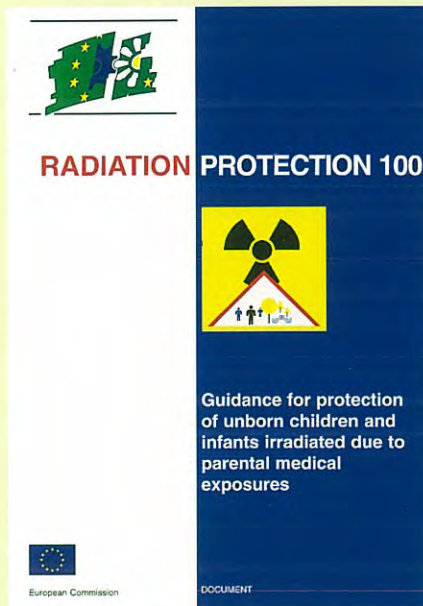
En mi intervención dije que podría poner otro titular de periódico referido a las radiaciones "buenas", tal como que producían muchos más cánceres (o muertes) que las "malas". En la aclaración posterior a la réplica manifesté que me basaba en los datos

que publica regularmente el Comité Científico de Radiaciones de las Naciones Unidas (UNSCEAR). En ellos se evidencia que el impacto radiológico en la población, dejando de lado a la radiación de origen natural, es mucho mayor debido a las aplicaciones médicas, especialmente el radiodiagnóstico, que el debido a la utilización de la energía nuclear.

Concretamente la información, publicada en "Sources and Effects of Ionizing Radiation"-UNSCEAR 1993, United Nations, N.York. Sales No E.94.IX.2, concluye que el impacto radiológico total en la población, excluyendo a los trabajadores, debido a las exposiciones médicas, al ritmo de aplicación actual, es 90 veces superior al debido a la producción de energía eléctrica, también a la tasa actual.

En el coloquio quise expresar esta circunstancia objetiva, que no tiene que ver con los beneficios que obtiene la humanidad, que en definitiva justifican el uso de las radiaciones.

David Cancio Pérez



La guía está dirigida a médicos responsables de la prescripción de la diagnosis o del tratamiento, a enfermeras, físicos médicos y otro profesionales en contacto con la paciente como ginecólogos.

CONVOCATORIAS

• II Technologically Enhanced Natural Radiation Symposium

Río de Janeiro, Brasil, 12-17 septiembre 1999. Secretaría: CONGREX do Brasil Ltda. Avenida Presidente Wilson, 164/9º andar-Centro. 20030-020 Río de Janeiro, RJ Brasil. Tel. +5521 5094080; fax +5521 509 1492; e mail: congrex@ax.apc.org

• Training Course for Medical Physicists on Establishment of Reference Levels in Diagnostic Radiology

Passau, Alemania, 13-15 septiembre 1999, organizada por la Comisión Europea. Información: Hans Gfirtner, Medizinische Physik Klinikum Passau (MPP). Bischof Pilgrim Str. 1. D-94032 Passau, Alemania. Tel. +49 851 5300 2226; fax +49 851 5300 2436; email: mpassau@kakadu.rz.uni-passau.de. Hans George Menzel, EC DGXII/F/6. Bruselas. Tel. +32 2 2959298; fax +32 2 2966256; e mail: hans-georg.emnzeldg12.cec.be

• Congreso Internacional sobre "Agua y medio ambiente en la minería del Siglo XXI. Residuos mineros y abandono de minas y canteras"

Sevilla, 13-17 septiembre 1999. Secretaría del Congreso: FRASA Ingenieros Consultores, Sl. Luna, 45. 28120 Ciudad Santo Domingo (Madrid). Tel. +34 91 622 1078; fax +31 91 622 1983; e mail: frasaing@mx4.redestb.es. Web: personal2.redestb.es/frasaing/index.htm

• 9th Annual Conference Risk Analysis: Facing the New Millennium

Róterdam, Holanda, 10-13 octubre 1999. Organizadores: Delft University of Technology. Dr LHJ Goossens. Secretaría científica: Mrs Gemma van der Windt. Tel. + 31 15 278 14 77; fax +31 15 262 22 35; e mail: srae1999@wim.tudelft.nl

• UV Exposure Measurement and Protection

Chilton, Reino Unido, 18-20 octubre 1999. Información: Dr Colin Driscoll (UV Workshop). NRPB. Chilton. Didcot. Oxfordshire. OX11 0RQ. Reino Unido. Tel. +44 (0)1235 822601; fax +44

(0)1235 822724; e mail: colin.driscoll@nrpb.org.uk

• The 45th Conference on Bioassay, Analytical and Environmental Radiochemistry. BAER'99.

Gaithersburg, Estado de Maryland, Estados Unidos, 18-22 octubre 1999. Información técnica: Kenneth Inn. NIST. Tel. 301 975-5541; fax 301 926-7416; e mail: kenneth.inn@nist.gov. Inscripciones: Lori Phillippe Buckland. NIST. Tel. 301 975-4513; fax 301 948-2067; e mail: lori.phillips@nist.gov

• 3rd European ALARA Network Workshop "Managing Internal Exposure"

Munich, Alemania, 15-18 noviembre 1999. Información: Mr Wolfgang Donhörl. Fax +00 49 89 31603 350; e mail: wdonhoerl@bfs.de

• 25 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española

Granada, 17-19 noviembre 1999. Inscripciones: Secretaría de la SNE, tel. 91 308 63 18 fax 91 308 63 44; e mail: postmaster@sne.es

• 2nd EC/ISOE Workshop on Occupational Exposure Management at NPPs.

Tarragona, 4-7 abril 2000, organizado por la Comisión Europea e ISOE. Recepción de sinopsis, 15 de septiembre de 1999. Inscripciones y sinopsis: isoe@cepn.asso.fr. Persona de contacto: Mr P. Croüail, CEPN. BP48. 92263 Fontenay Aux Roses Cedex. Francia. Tel. +33 1 46547460; fax +33 1 40849034; e mail: crouail@cepn.sso.fr.

• 5th Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects.

Munich, Alemania, 4-7 septiembre 2000. Primer anuncio. Fechas límite: Tarjeta de información, 30 de septiembre de 1999; sinopsis, 30 de noviembre de 1999; inscripción, 31 de marzo del 2000. Más información: A. Bayer. BFS Institute for Radiation Hygiene. PO Box 1108. D-85758 Oberschleissheim. Alemania. Tel. +49 89 31603 230; fax + 49 89 31603 270; e mail: a bayer@bfs.de

IRPA - 10

FECHAS IMPORTANTES

Recepción de Abstracts	1	Septiembre	1999
Notificación de Aceptación	15	Noviembre	1999
Recepción de Ponencia	1	Febrero	2000
Pre-reserva	1	Febrero	2000
Reserva de hotel y excursiones	1	Abril	2000
Reserva de Stands	1	Octubre	1999

SECRETARÍA DEL CONGRESO

IRPA-10 Secretariat Office
c/o Japan Convention Services, Inc
Nippon Press center Bldg. 4F
2-2-1, Uchisaiwai-cho, Chiyoda-Ku
Tokyo 100-0011, JAPAN
Tel: +81-3-3508-1214
Fax: +81-3-3508-0820
E-mail: irpa@convention.co.jp
<http://www.convention.co.jp/irpa10/>

AGENCIA OFICIAL DE VIAJES

Japan Travel Bureau, Inc.
Group Tour Office, Hiroshima E.C.Center
8-18, Naka-machi, Naka-Ku
Hiroshima 730-0037, JAPAN
Tel: +81-82-222-9817
Fax: +81-82-221-2300

SECRETARÍA DE LA EXPOSICION

Japan Convention Services, Inc.
Responsable; Shigeru Takayama
c/o Nippon Press Center Bldg. 4F
2-2-1, Uchisaiwai-cho, Chiyoda-Ku
Tokyo 100-0011-1938
Fax: +81-3-3623-1938
E-mail: irpa@convention.co.jp
<http://www.convention.co.jp/irpa10/>

OFICINA EJECUTIVA IRPA

International Radiation Protection
Association.
P.O. Box 662
5600 AR Eindhoven, Netherlands
Tel: +31-40-2473355 Fax: +31-40-2435020
E-mail: irpa.exof@sbd.tue.nl
<http://www.irpa-exof.nl>

Socios colaboradores de la SEPR



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.



COFRENTES
CENTRAL NUCLEAR



UNION FENOSA
CENTRAL NUCLEAR "JOSÉ CABRERA"



C. N. VANDELLOS II A.I.E.



GEOCISA
GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A.

H. Cornic, S.L.
INSTRUMENTOS CIENTIFICOS E INDUSTRIALES



IBERDROLA



PHILIPS



ENERGIA SIN FRONTERAS

Experiencia y calidad al servicio de
las centrales nucleares europeas

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



 **ENUSA**

Santiago Rusiñol, 12 • 28040 MADRID
Tel.: (91) 347 42 00 Fax: (91) 347 42 15
Télex: 43042 URAN-E