

Revista del CSN / Número 42
I Trimestre 2007

Seguridad Nuclear



**Visita al CSN de Mohamed ElBaradei,
director general del OIEA**

**España anfitriona del G-9
de la regulación nuclear**

Cambio climático: el mito y la realidad

**Luchar contra las agresiones
al medio ambiente**

Especial polonio-210

**Radiofármacos PET de uso humano
en España: pasado y presente**

Seguridad Nuclear

Revista del CSN
Año XI / Número 42
I Trimestre 2007

Consejo de Seguridad Nuclear

Carmen Martínez Ten
Presidenta
Luis Gamir Casares
Vicepresidente
Julio Barceló Vernet
Consejero
Francisco Fernández Moreno
Consejero
Antonio Colino Martínez
Consejero

C/ Pedro Justo Dorado
Dellmans, 11
28040 Madrid
Tel.: 91 346 04 25
Fax: 91 346 05 58
www.csn.es

Coordinación editorial

Senda Editorial, S.A.
Isla de Saipán, 47
28035 Madrid
Tel.: 91 373 47 50
Fax: 91 316 91 77

Impresión

Grafistaff, S.L.
Avenida del Jarama, 24
Polígono Industrial
de Coslada
28820 Coslada (Madrid)
Tels.: 91 673 77 14
91 673 77 97
Fax: 91 669 11 37

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M-31281-2007

Portada: Medioambiente.

Las opiniones y conceptos recogidos en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, sin que la revista *Seguridad Nuclear* las comparta necesariamente.

1 Editorial

Entrevista

Mohamed ElBaradei,
Director general del Organismo Internacional
de Energía Atómica (OIEA)

Artículos

6 España anfitriona del G-9 de la regulación nuclear
🔗 Alfredo de los Reyes

9 Cambio climático: el mito y la realidad
🔗 Manuel Toharia

17 Luchar contra las agresiones al medio ambiente
🔗 Ley de Responsabilidad Medioambiental

19 Polonio-210, ese desconocido
🔗 J. Luis Martín, Carmen Álvarez, Ignacio Amor, Lucila Ramos,
Manuel Rodríguez y J. Carlos Lentijo

26 La utilización del polonio-210 como veneno
🔗 Miguel Barrachina

28 Radiofármacos PET de uso humano
en España: pasado y presente
🔗 Anabel Cortés

Actualidad

Centrales nucleares / Instalaciones del ciclo y
en desmantelamiento / Instalaciones radiactivas
/ Acuerdos del Consejo / Actuaciones en
emergencias

47 Noticias breves

56 Resúmenes

Editorial

E

n este número 42 de la revista hemos querido poner el primer acento en el intenso diálogo que mantenemos con nuestros colegas en materia de regulación y seguridad nuclear.

En junio pasado, la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, recibió al director general del Organismo Internacional de Energía Atómica, Mohamed ElBaradei, aprovechando la visita que el alto funcionario realizó a España para ser investido *Doctor Honoris Causa* por la Universidad Politécnica de Madrid.

En formato de entrevista recuperamos el contenido del comprometido discurso que el Premio Nobel de la Paz, por su activa defensa de los usos pacíficos de la energía nuclear, pronunció en Madrid durante el acto académico sobre los desafíos que conlleva la protección de la seguridad nuclear a nivel mundial. El responsable del organismo de Naciones Unidas explica, en declaraciones para el equipo de esta revista, la significativa contribución que España realiza en el marco global de la seguridad nuclear.

A continuación ofrecemos a los lectores una síntesis de la vigésima reunión celebrada en Madrid del Foro Internacional de Reguladores Nucleares (INRA), escrita por Alfredo de los Reyes, asesor para las Relaciones Internacionales del CSN. El también conocido como “G-9 de los reguladores” aborda periódicamente el desarrollo de mecanismos de refuerzo del marco global de seguridad y actúa como una útil plataforma de intercambio de información y de buenas prácticas entre los países con mayor experiencia en el ámbito de la supervisión nuclear.

También hemos reservado un espacio significativo para la reflexión sobre un tema de máxima actualidad desde una perspectiva divulgativa: el cambio climático. Mito y realidad se titula la original e interesante conferencia del director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia y autor de un reciente libro sobre el clima, Manuel Toharia, que recogemos en las páginas de este número. Acercamos igualmente a los lectores al proyecto de Ley de Responsabilidad Medioambiental mediante el cual el Gobierno va a hacer frente a las agresiones contra el medio ambiente en España.

Dos artículos profundizan luego en el origen y usos del polonio-210, sustancia desconocida por la mayoría hasta hace unos meses, cuando pasó a ocupar las portadas nacionales y extranjeras en una presunta trama de espías. El primero de ellos está escrito por miembros de la Dirección de Protección Radiológica del Consejo y el segundo por Miguel Barrachina, perteneciente a la Real Academia de Doctores de España.

El último artículo, firmado por la asesora clínica de la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, Anabel Cortés Blanco, trata de los radiofármacos PET para uso humano. La autora hace una explicación detallada de su técnica, su regulación en España y su utilidad en el diagnóstico médico y en la investigación clínica.

En la sección Noticias Breves se van a encontrar una parte importante de las actividades del CSN, desde las reuniones con la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares (AMAC) y las Comisiones Locales de Información de Garoña y José Cabrera, hasta un resumen de la intervención de la presidenta del Consejo, Carmen Martínez Ten, ante la Sociedad Nuclear Española, pasando por el nombramiento de Purificación Gutiérrez como nueva secretaria general del organismo y los acuerdos más relevantes aprobados por el Pleno del Consejo.

Esperamos que los lectores consideren este número completo y equilibrado, en cuanto a las materias tratadas, y que los contenidos sirvan para conocer un poco mejor el trabajo del CSN y las diferentes aplicaciones que se esconden bajo la palabra nuclear, especialmente cuando pensamos en las nuevas tecnologías destinadas a la investigación y la medicina.

🕒 **Mohamed ElBaradei***

“El CSN viene apoyando tradicionalmente las actividades de la Agencia en el ámbito de la seguridad nuclear”

Coincidiendo con su visita a España para ser investido Doctor *Honoris Causa* por la Universidad Politécnica de Madrid, Mohamed ElBaradei, director general del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se reunió con la presidenta y los consejeros del Consejo de Seguridad Nuclear

el pasado 11 de mayo. El encuentro se desarrolló con la máxima cordialidad y permitió confirmar la fructífera línea de cooperación que mantienen ambos organismos en torno a numerosos ámbitos de interés común, sobre todo la voluntad de afianzar el marco global de seguridad nuclear.

La entrevista que seguidamente ofrecemos a los lectores está basada en el discurso “La Seguridad Nuclear hoy día: el contexto mundial” que pronunció, en el acto de investidura en Madrid, el distinguido Nobel de la Paz por su activa defensa del uso de la energía atómica para fines pacíficos. ElBaradei pone el broche en la última pregunta valorando en detalle los compromisos del CSN con las actividades del organismo de Naciones Unidas que dirige por tercer mandato consecutivo, desde su nombramiento en 1997.

* Mohamed ElBaradei es director general del Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA).



🕒 Mohamed ElBaradei con la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten.

¿En líneas generales ante qué desafíos cree que nos enfrentamos en el campo de la seguridad internacional?

Desafortunadamente, nuestro actual paradigma de la seguridad es de miras estrechas y tiene una percepción distorsionada de las prioridades que están en la raíz de muchas de las amenazas e inseguridades a las que debemos hacer frente.

El 40% de la humanidad vive con menos de dos dólares por día. 850 millones de personas se acuestan hambrientas todas las noches. Los expertos nos dicen que cada día mueren 20.000 —en su mayoría, niños— por causas relacionadas con la pobreza, como el hambre y las enfermedades transmitidas por el agua. Dicho de otro modo, simplemente son demasiado pobres para permanecer con vida.

Pues bien, a pesar de estas cifras horribles, los gobiernos del mundo gastan mucho más en armas bélicas que en cooperación exterior al desarrollo. Se gasta más de un billón de dólares al año en armamento y menos del 10% de esa cantidad en cooperación.

Nuestras prioridades distorsionadas también se reflejan en nuestro enfoque desigual de la inviolabilidad de la vida humana y en la incapacidad para resolver conflictos regionales que vienen de antiguo. Persisten, porque la comunidad internacional, a pesar de esfuerzos intermitentes, ni ha efectuado las inversiones imprescindibles, ni se ha armado de la determinación necesaria para hallar soluciones.

La situación idónea es una sociedad en la que todos estemos dotados de iguales derechos y oportunidades, ¿Cómo piensa usted que podríamos avanzar en esa dirección?

En primer lugar, deberíamos perseguir estrategias dirigidas no sólo a crear riqueza, sino también a compartir la riqueza del planeta más equitativamente. Según un estudio reciente de la Universidad

de las Naciones Unidas, en el año 2000, el 1% más rico de la población del mundo poseía el 40% de los bienes del planeta. En cambio, la mitad más pobre de la humanidad apenas poseía el 1% de la riqueza mundial.

Además de aumentar la cooperación, podríamos hacer mucho para establecer “reglas de juego”

“La energía es también un factor primordial del desarrollo. Casi todos los aspectos del desarrollo humano dependen de la garantía de acceso a servicios de energía modernos.”

uniformes y que nadie partiese en situación de desventaja. Todos los años, la Unión Europea, Estados Unidos y Japón gastan en total 260.000 millones de dólares en subvenciones agrícolas. Con ello se consigue que los campesinos de

los países pobres queden excluidos de una competencia comercial leal.

Una estrategia conexas consiste en invertir más en ciencia y tecnología avanzadas para satisfacer las necesidades de desarrollo. Habría que poner más el acento en la innovación científica y tecnológica que puede atajar los problemas de las zonas pobres del mundo. Los medicamentos contra el paludismo y otras enfermedades de los países en desarrollo son sólo un ejemplo. No existen, porque no son inversiones “rentables”.

A fin de que los países en desarrollo puedan conseguir una mayor cobertura de las necesidades básicas, ¿Qué trabajos está acometiendo la organización que preside?

En el OIEA, muchas de nuestras actividades tienen por finalidad crear capacidades en nuestros Estados Miembros, utilizando técnicas nucleares avanzadas para el desarrollo humano.

Voy a darles algunos ejemplos. La seguridad alimentaria es uno de los problemas más difíciles de los países pobres. Para estimular la producción agrícola hace falta



► El encuentro entre el director general del OIEA y la presidenta del CSN se celebró en un ambiente de máxima cordialidad.

obtener variedades de cultivos mejoradas, aplicar medidas eficaces de lucha contra las plagas, aumentar la fertilidad del suelo y mejorar la ordenación de los suelos y los recursos hídricos.

En el marco de proyectos nacionales y regionales, el OIEA ayuda a los científicos y campesinos de esos países con técnicas nucleares que apoyan el logro de todas esas metas. No se busca únicamente impulsar la producción de alimentos, sino sostenerla al tiempo que se preserva el medio natural.

En los cinco últimos años, sólo en África se han difundido seis variedades nuevas de cultivos: plantas de mayor rendimiento, mayor contenido nutritivo y características que las hacen más resistentes a entornos inclementes, variedades nuevas de sésamo en Egipto, yuca en Ghana, trigo en Kenya, banano en Sudán, y mijo africano y algodón en Zambia.

La seguridad alimentaria es sólo un aspecto de la asistencia que presta el OIEA. También ayudamos a los países a adquirir capacidad nuclear avanzada para gestionar sus recursos de aguas freáticas,

“En el OIEA, muchas de nuestras actividades tienen por finalidad crear capacidades en nuestros Estados Miembros, utilizando técnicas nucleares avanzadas para el desarrollo humano.”

combatir enfermedades, mejorar la nutrición, impulsar la productividad industrial y proteger el medio ambiente.

La energía es también un factor primordial del desarrollo. Casi todos los aspectos del desarrollo humano dependen en enorme medida de la existencia de acceso seguro a servicios de energía modernos. El panorama actual es de pasmoso desequilibrio. Una cuarta parte de la población no tiene acceso a la electricidad y unos 2.400 millones utilizan todavía la biomasa para cocinar y calentarse.

En cuanto a la industria nuclear, un elevado porcentaje de los 442 reactores nucleares de potencia que funcionan actualmente se halla en países industrializados. En cambio, 16 de los 29 reactores nuevos en curso de construcción están en países en desarrollo.

En el OIEA, ayudamos a nuestros miembros a adquirir capacidades para que gestionen adecuadamente el desarrollo del sector de la energía.



► ElBaradei, acompañado de una delegación del OIEA, se reunió con la presidenta y los consejeros del CSN ante la presencia de José Luis Roselló, Representante Permanente de España en Viena.

¿Podemos tener la esperanza de que la energía nuclear vaya despegándose progresivamente de los fines bélicos a favor de un uso favorable al desarrollo y al progreso?

Lograremos edificar una “aldea mundial” si empezamos a elaborar un nuevo paradigma de la seguridad. Un sistema en el que ningún país, ni grupo de países, tenga que basar su seguridad en la posesión de armas nucleares.

No es sólo un imperativo moral, sino una condición previa indispensable de nuestra propia seguridad. Si vemos los conflictos a través del lente de la seguridad humana, y no meramente como cuestión de “soberanía estatal”, advertiremos enseguida lo beneficioso que es hallar soluciones mediante el diálogo en vez de la fuerza. Ha llegado el momento de dejar de pensar que el diálogo es la recompensa por un buen comportamiento y de reconocer, en cambio, que es un instrumento esencial para lograr ese comportamiento. Mi actual enemigo muy bien podría ser mañana mi asociado. Tendremos que compartir recursos, combatir los problemas medioambientales y de salud que a todos nos aquejan e interactuar unos con otros en muchos planos. Conciliando nuestras diferencias, creamos el entorno necesario para una paz duradera y una cooperación en el futuro.

De un país a otro, y de una región a otra —lo mismo si venimos del Norte que del Sur, si gozamos de riquezas o si somos pobres y trabajamos penosamente, si hablamos español o mandarín, si nos consideramos árabes o judíos— sean cuales sean nuestros orígenes, ideologías o posición social, somos mancomunadamente los custodios de este planeta. Muchas de las amenazas que debemos afrontar tienen origen en los seres humanos, son los resultados de sus decisiones, de su ingenio mal encaminado.

Pero todavía no se ha escrito el último capítulo de nuestra civilización. Creo firmemente que

aún es posible volver la página y que comencemos de nuevo, fortalecidos gracias a los valores que compartimos y transformados en más sensatos por las tragedias de nuestra historia.

“Lograremos edificar una “aldea mundial” si empezamos a elaborar un nuevo paradigma de la seguridad. Un sistema en el que ningún país ni grupo de países tenga que basar su seguridad en la posesión de armas nucleares.”

Por último, ya que ha estado usted en la sede del Consejo de Seguridad Nuclear y se ha entrevistado con la presidenta y los consejeros, nos gustaría saber qué impresión se ha llevado sobre el apoyo que este organismo presta al OIEA en sus diferentes áreas de trabajo.

El CSN viene apoyando tradicionalmente las actividades que desarrolla la Agencia en el ámbito de la seguridad nuclear, por ejemplo, al participar activamente en la redacción y aprobación de guías de seguridad y con expertos de gran cualificación en los cuatro comités y en la Comisión de Normas de Seguridad. Además, el Consejo ha contribuido de forma notable, aportando recursos financieros y técnicos, para la traducción al español de estas guías de seguridad, cuestión esencial para que los más de 20 Estados Miembros del OIEA que hablan este idioma puedan aplicar esta normativa internacional. Por otra parte, el CSN aporta fondos extrapresupuestarios destinados a intercambiar conocimiento y experiencias a través de la Red del Conocimiento desarrollada por el

Foro Iberoamericano de Reguladores Nucleares y Radiológicos y apoya otros proyectos técnicos en el ámbito de la seguridad, como la mejora de infraestructuras en materia de educación y formación, el control de fuentes radiactivas, la protección radiológica ocupacional, la rehabilitación de zonas contaminadas y la seguridad en la gestión de los residuos. El CSN también aporta expertos a las misiones *inter pares* que el OIEA organiza en otros Estados Miembros, e impulsa el intercambio de experiencia en materia de regulación, de una forma abierta y transparente, siendo un claro ejemplo el hecho de que el Consejo va a acoger una misión de evaluación integral de la Agencia.

España contribuye de forma notable al marco mundial de seguridad física. Ha apoyado de manera intensa numerosas iniciativas de mejora en ese ámbito a nivel global, participando en cursos de formación del OIEA, apoyados por expertos del organismo, y contribuyendo al Fondo de Seguridad Física con una cifra extrapresupuestaria superior a los 300.000 dólares. Sus vínculos con los países norteafricanos e iberoamericanos sitúan a España en una buena posición para colaborar con la Agencia en el desarrollo de su labor en esas zonas del mundo. Miembros del CSN han participado como ponentes en numerosos seminarios de formación sobre seguridad física que organizamos en países de habla hispana. El año próximo, la Agencia trabajará con España para promover la ratificación de la Convención de Protección Física de Materiales Nucleares, diseñar guías y recomendaciones que podrían facilitar la aplicación de dicho instrumento, desarrollar guías para la detección de fuentes radiactivas en la chatarra y proporcionar equipos adecuados y formación en ese ámbito a Marruecos e Iberoamérica.

📍 Alfredo de los Reyes*

España anfitriona del G-9 de la regulación nuclear

Del 23 al 25 de mayo de 2007, se celebró en Madrid la vigésima reunión de la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA), a la que acudió en representación de España, la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, Carmen Martínez Ten. Este

foro, que aborda temas de seguridad nuclear y protección radiológica, congrega a los nueve países con mayor experiencia en la supervisión de actividades nucleares: Alemania, Canadá, Corea del Sur, España, Estados Unidos, Francia, Japón, Reino Unido y Suecia.



📷 Foto de familia de los reguladores nucleares miembros de INRA.

El desarrollo de líneas de colaboración internacional y el fomento de la comunicación mutua para reforzar la seguridad nuclear han sido las

cuestiones prioritarias de esta vigésima reunión de INRA, organizada por el Consejo de Seguridad Nuclear que dirige Carmen Martínez Ten y copresidida con su homólogo francés, André-Claude Lacoste.

En concreto, los desafíos del también conocido como “G-9 de la regu-

lación nuclear” son la construcción de una cultura global de seguridad nuclear, la búsqueda de un consenso internacional y el establecimiento de mecanismos de cooperación ágiles con otras organizaciones internacionales y nacionales en ese ámbito, así como la optimización de los recursos.

* Alfredo de los Reyes Castelo es asesor de Relaciones Internacionales de la Presidencia del CSN.

Para avanzar en esos propósitos, los representantes de los organismos intercambiaron información concreta a nivel técnico, legal, económico y administrativo, y compartieron experiencias para implantar mejoras en sus respectivas organizaciones. En resumen, abordaron específicamente la gestión de residuos radiactivos, el papel que desempeñan las misiones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para la evaluación de la eficacia de los organismos reguladores y grandes retos pendientes, como el refuerzo de la cultura de seguridad.

Esta reunión de INRA ha estado precedida por una visita al CSN de la delegación del regulador estadounidense, encabezada por su presidente, Dale Klein. Durante este encuentro con la responsable del CSN, Carmen Martínez Ten, ambos pusieron de manifiesto la excelente relación que mantienen los dos organismos y su compromiso para fomentar el intercambio de información relevante e impulsar una línea de colaboración que está dando buenos resultados en temas como los intercambios en materia de formación de expertos.

Un encuentro muy fructífero

En la última reunión de INRA bajo la presidencia de Francia, (Avignon, noviembre de 2006), España aceptó la presidencia de esta asociación, y como consecuencia, se hizo cargo de la organización de las dos reuniones que tendrán lugar a lo largo de 2007, hasta el paso de la presidencia a Estados Unidos.

Como es habitual en estas reuniones, en el primer punto de la agenda, cada participante realizó una presentación sobre los acontecimientos más relevantes en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, acaecidos en su país desde la última reunión. Estas presentaciones dieron lugar a debates abiertos entre los máximos responsables de los organismos reguladores para compartir puntos de vista y prácticas de trabajo.

Uno de los temas más interesantes fue el debate sobre el llamado *renacimiento nuclear*. De los países miembros de INRA, algunos no han detenido sus programas nucleares (Corea del Sur, Francia y Japón) y otros han anunciado la construcción de nuevos reactores en breve (Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña). Además, tres de

“En 2006, España aceptó la presidencia de la asociación y se hizo cargo de las dos reuniones que tendrán lugar a lo largo de 2007 hasta pasar el testigo a Estados Unidos.”

los países miembros de INRA son los principales suministradores de tecnología actual a nivel mundial: Canadá, EEUU y Francia. Por tanto, el tema del renacimiento nuclear es de gran interés en esta asociación, ya que va a suponer una gran carga de trabajo a los organismos reguladores para licenciar estas nuevas instalaciones.

Los reguladores también hablaron sobre la capacidad mundial para fabricar los mayores componentes

de las centrales nucleares previstas: vasijas de reactores, generadores de vapor y turbinas, ya que varios países han anunciado planes de construcción, a corto plazo, muy ambiciosos (China, Estados Unidos, Gran Bretaña, India y Rusia) y en la actualidad existen pocas empresas en todo el mundo, con la tecnología y capacidad de producir estos equipos, y es importante conocer al proceso de fabricación con vistas al licenciamiento de la central.

En otro orden de temas, los miembros de INRA estuvieron de acuerdo en la necesidad de contar con organismos reguladores competentes para garantizar un adecuado nivel de seguridad en las instalaciones nuevas que se van a construir en países que tienen poca experiencia y que ya han anunciado su interés por potenciar la energía nuclear.

Otro debate muy interesante fue el que se abrió tras la presentación de uno de los miembros de INRA, en la que se comunicaba un incidente en una central, sin consecuencia alguna para la seguridad de sus trabajadores, el medio ambiente o la población, pero de gravedad, ya que la empresa eléctrica, titular de la licencia, ocultó los hechos al organismo regulador. Al considerar



◉ Mesa de trabajo de la vigésima reunión de INRA.

que este suceso podría reproducirse en cualquier instalación de otro país, los organismos reguladores estuvieron de acuerdo en que no se debe bajar nunca la guardia y que se deben activar los controles necesarios para tener información propia sobre el estado de las instalaciones.

Los participantes en este encuentro mostraron su conformidad acerca de que, ante casos graves de falta de transmisión de comunicación al regulador, o cualquier otro evento que ponga en peligro la seguridad de la planta, se deben tomar medidas sancionadoras ejemplares para evitar que se repitan en otras instalaciones. Una buena práctica es, así mismo, fomentar el intercambio de experiencias entre las centrales nucleares, a través de comunicaciones directas o por medio de organizaciones nacionales o internacionales, como la Asociación Mundial de Operadores de Centrales Nucleares, WANO.

Después de estas cuestiones, se pasó al segundo tema de la agenda: la gestión de residuos. Japón y Corea del Sur realizaron sendas presentaciones sobre el estado de dicha gestión en sus países, dando paso a un debate. Todos los países miembros de INRA tienen resuelto, en mayor o menor medida, la cuestión de la gestión de los residuos radiactivos de media y baja actividad, y algunos tienen incluso soluciones temporales para el combustible gastado y los residuos de alta actividad, pero ninguno de ellos tiene cerrado completamente el ciclo, con una solución definitiva como el almacenamiento permanente. Este sigue siendo uno de los grandes temas abiertos, ya que ningún país se ha pronunciado oficialmente, ni ha tomado una decisión política. Dado el interés suscitado, se instó a todos los miembros de INRA para que mantengan informados a sus colegas sobre cualquier evolución en este ámbito.

Finalmente, se debatió sobre el futuro de la asociación y se propusieron temas para la próxima reunión

que volverá a acoger España en el mes de octubre de 2007.

Diez años vigilando la seguridad

La Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA) nació en 1997 con la idea de agrupar a los países con mayor desarrollo en

“Uno de los temas tratados más interesante fue el llamado *renacimiento nuclear* que va a suponer una carga de trabajo muy grande a los organismos reguladores para licenciar nuevas instalaciones.”

la energía nuclear, para compartir prácticas y metodologías que sirvieran para mejorar la seguridad nuclear. En un primer momento, INRA se puso en marcha con los países del G-7 (Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña y Japón), menos Italia que ya había parado su programa nuclear, pero añadiendo a España y Suecia. Posteriormente, en 2006 se incorporó Corea del Sur, quedando constituida por los organismos reguladores de estos nueve países. Japón cuenta con dos representantes, dado que existen dos organizacio-

nes responsables de la regulación en ese país.

La asociación, cuyos representantes son los máximos responsables de estos organismos reguladores, se reúne dos veces al año, en el país que detenta la presidencia. Por este motivo, desde noviembre de 2006, la organización de los encuentros es responsabilidad de España y, a partir de noviembre de 2007, será Estados Unidos quien ejercerá de anfitrión.

Cada reunión se inicia con una presentación de cada participante sobre los sucesos más importantes acaecidos desde la última reunión. Estas presentaciones suelen dar paso a debates abiertos sobre diversos temas, permitiendo a los miembros de la asociación compartir sus experiencias y seguir las mejores prácticas.

A continuación se pasa a debatir los temas aprobados para cada reunión, que por lo general, son grandes retos que afronta alguno de los organismos participantes. Para iniciar la discusión, se suele invitar a algún país a que realice una presentación sobre las prácticas que siguen en su organización.

Otra costumbre habitual en estas reuniones es la visita técnica a una instalación nuclear en el país que organiza el encuentro, para conocer en detalle sus actividades. En esta primera reunión de 2007, se visitó la central nuclear de Trillo, donde fueron recibidos por el director Aquilino Rodríguez. 



● Reunión con el regulador estadounidense presidido por Dale Klein.

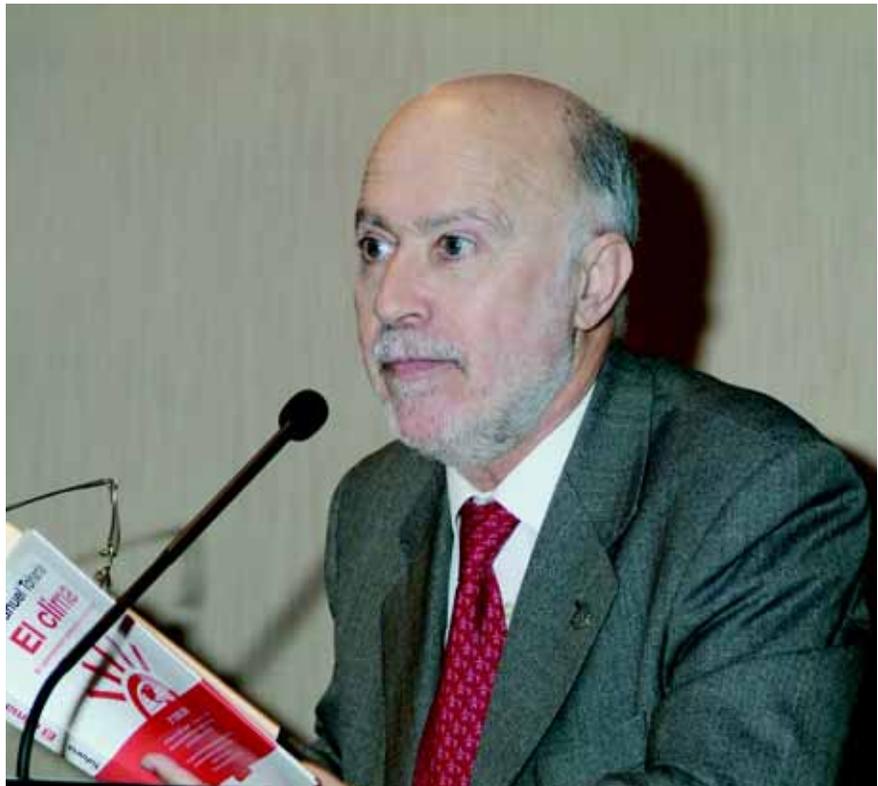
 Manuel Toharia*

Cambio climático: el mito y la realidad

El autor, que impartió recientemente una conferencia en el CSN, expone su visión del cambio climático y se muestra crítico con las predicciones catastrofistas, aunque admite que

han servido para concienciar a los servidores públicos. Además, analiza la evolución del clima y propone soluciones racionales para abordar este gran problema ambiental.

En estos últimos años, los asuntos del tiempo y del clima parecen haber recuperado un interés inusitado no sólo en el seno de la comunidad científica sino, también y sobre todo, en la opinión pública. Es cada vez más frecuente la aparición de todo tipo de noticias sobre las veleidades atmosféricas, relacionadas siempre de cerca o de lejos con un temible cambio climático que parece ineludible y, en cualquier caso, siempre amenazador. Los medios de comunicación han sensibilizado de manera asombrosa a la sociedad, haciendo trascender a la esfera pública —escasamente docta en estas cuestiones— determinadas hipótesis de trabajo cuyo análisis y difusión debería corresponder preferentemente, al menos en el momento presente, a laboratorios, centros de investigación y departamentos universitarios. No por afán de secretismo sino, esencialmente, por el considerable margen de incertidumbre que conllevan y la gran cantidad de desconocimiento que subsiste aun por lo que respecta a muchos de los mecanismos que



► Manuel Toharia sostiene su obra más reciente dedicada al clima.

gobiernan el sistema climático a gran escala y a largo plazo.

Es cierto que son muy numerosos los investigadores que han encontrado —con la mejor buena fe, eso no hay que dudarlo— en el cambio climático y sus supuestos efectos derivados, un campo de trabajo con enormes posibilidades científicas y económicas; algo que

era impensable hace unos pocos años. Y el resultado es bien patente: producción de numerosos artículos científicos de nivel alto o medio, edición de toda clase de trabajos monográficos en distintas revistas e incluso reportajes televisivos o cinematográficos —como el cada vez más famoso documental de Al Gore, que acaba de ser premiado

* Manuel Toharia es director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia y presidente de la Asociación Española de Comunicación Científica.



► Público asistente a la conferencia de Manuel Toharia en la sede del CSN.

con un Oscar de Hollywood—, incluso publicación de informes de corte económico —como el también famoso informe Stern, patrocinado por el primer ministro británico—.

En los escaparates de las librerías podemos ver numerosos libros editados con títulos tan sugerentes como *Cambio global*, *Planetas amenazados*, *Atmósferas en peligro*, *Cambio climático destructivo*, *La Tierra sitiada por el cambio global*, *Guerra contra el carbono* y muchos otros. Entre ellos, uno muy reciente escrito por el autor de estas líneas, llamado *El clima, calentamiento global y futuro del planeta*, que intenta poner algo de racionalidad en una cuestión en la que con frecuencia se mezclan el mito y la realidad.

Y es que ahora parece como si cualquier episodio meteorológico de rango extraordinario sólo le fuera atribuible al cambio climático y, quizá, al cada vez menos famoso agujero de ozono. A estos dos populares protagonistas de las catástrofes anunciadas se unió, a partir del verano de 1997, el fenómeno el Niño del Pacífico meridional, que en este año de 2007 vuelve a estar de actualidad. Con todo, el más popular es ahora, con mucho, el cambio climático, pero el agujero de ozono y el Niño salen de vez en cuando a relucir como síntomas inequívocos de que algo está trastocándose

gravemente en los climas de la Tierra. Y no importa si esos tres fenómenos son o no muy antiguos, si tienen o no relación entre sí, si los conocemos suficientemente. Es obvio, para la inmensa mayoría de las personas, que estamos ante un gravísimo desarreglo de la atmósfera, sin duda originado por nuestros “pecados” ambientales. Y no digamos si a todo ello se le suman los *tsunamis* devastadores y la actividad sísmica y volcánica que de vez en cuando nos recuerda que las fuerzas telúricas nos siguen agobiando con su potencial destructor. Aunque, por supuesto, nada tengan que ver dichas fuerzas con el sistema climático.

Los climas de España

En España, la normalidad de los climas se caracteriza por una sucesión de situaciones atmosféricas características de las distintas estaciones del año, que suelen verse salpicadas por algún episodio atmosférico excepcional (heladas, olas de calor, lluvias torrenciales, temporales de viento, sequías). Eso es lo normal, desde hace siglos, aunque sabemos que esa normalidad —es decir, esos promedios a largo plazo del tiempo— también cambia lentamente y en plazos de muchos años.

Bien, pues ahora precisamente esa normalidad (caracterizada por

la extrema variabilidad de nuestros climas ibéricos) es lo que parece haberse convertido en algo anormal. Así, si acontecen heladas intensísimas, como en enero de 2006, es por culpa del cambio climático. Lo mismo ocurre si hay un verano de calor agobiante, como ocurrió en 2003. O inundaciones generalizadas en Galicia en el otoño de 2006. O la extrema sequía del año agrícola 2005-2006, compensada pocos meses después por unas lluvias intensas que, en los últimos meses, han llegado a paliar dicha sequía (excepto en el área mediterránea, donde como es notorio nunca llueve mucho pero cada vez se gasta más agua)...

No importa. En el inicio del nuevo milenio, todo parece apuntar, según muchas personas, incluidos muchos investigadores no siempre prudentes, a que estamos ya insertos en un proceso sin retorno cuyas pruebas más evidentes son los episodios atmosféricos de rango extraordinario que se producen de continuo; aunque dichos episodios formaran parte de la “normalidad” climática en el pasado.

Desde luego, es cierto que en los dos o tres últimos decenios parece estar registrándose un progresivo incremento térmico, de manera más continuada y acusada que el que venía produciéndose, por razones naturales, desde el siglo XVII, al acabar la pequeña edad glacial (Mínimo de Maunder) de aquella época. Y a ello le acompaña el temor, no confirmado, de una menor pluviosidad —en España eso no parece cierto hasta ahora, porque en promedio está lloviendo más o menos lo mismo que hace un siglo, aunque con notables desigualdades entre años sucesivos—, y con una sensación de sequía creciente, debida obviamente a que lo que no deja de aumentar es nuestro consumo de agua. Y también un temor igualmente discutible de creciente desertización, un proceso que tiene mucho más que ver con el mal uso del suelo que con las disponibilidades hídricas, que

ya hemos dicho que no han variado en exceso.

En realidad, todo esto se traduce en un temor global a que la humanidad haya transformado el efecto invernadero natural, que hace posible la vida en la Tierra, en una especie de efecto “infernadero” —en afortunada expresión del profesor Jorge Olcina, de la Universidad de Alicante—, caracterizado por unas temperaturas en constante y rápido aumento debido a la continua emisión de determinados gases a la baja atmósfera.

Pero en todo este tipo de problemas, el error consiste en confundir lo que sabemos con lo que tememos. Sin que ni lo uno ni lo otro deban impedirnos determinar, con la mayor aproximación posible, lo que podemos hacer.

Certezas y predicciones

¿Qué sabemos? Desde luego, existe un amplio consenso científico acerca de cuestiones difícilmente discutibles: por una parte, está aumentando muy deprisa la concentración de los gases de efecto invernadero. El dato, que nadie discute, es que durante el siglo XX ese incremento ha estado en torno al 30% o algo más. Por otra parte, las temperaturas parecen crecer en promedio de manera bastante clara, y de forma continuada en los últimos 25 años; aunque no sabemos explicar por qué bajaron entre los años cuarenta y ochenta del siglo pasado, cuando el CO₂ subía de manera continúa. Y, finalmente, parece claro, aunque hay discusiones sobre la generalización y la intensidad del fenómeno, que los fenómenos meteorológicos extremos, es decir, las desviaciones respecto a los promedios, podrían estar agudizándose, tanto en más como en menos.

Esto es lo que sabemos con una cierta seguridad. Es decir, esto es lo que la inmensa mayoría de los expertos aceptan que está ocurriendo, aunque siempre existe, como en cualquier disciplina científica, un margen de incertidumbre

acerca de la realidad misma de estos hechos que creemos conocer bien.

Todo lo demás que se difunde por los periódicos, los documentales, los informes técnicos y demás medios de alerta y alarma social, son predicciones. Es decir, situaciones futuras basadas en esos supuestos y en nuestro actual conocimiento —todavía muy imperfecto— acerca del funcionamiento de la máquina atmosférica global. Y dan lugar a muy diversos temores, algunos de ellos de signo claramente catastrofista, y otros más mitigados.

Desde luego, no vale afirmar que como se trata de predicciones no cabe otorgarles excesiva credibilidad. Esas predicciones, con todas sus imperfecciones y elementos aún desconocidos, es lo mejor que tenemos hoy por hoy. Eso sí, tienen, obviamente, un margen de error —o, mejor dicho, de incertidumbre— que ni siquiera es fácil de cuantificar pero que en algunos supuestos podría ser considerable. Sobre todo cuando se utilizan modelos matemáticos del clima a los que se les hace predecir situaciones globales para dentro de cien años, aun a sabiendas de que existen graves lagunas de desconocimiento o de conocimiento muy imperfecto, muy difíciles de acotar en la actualidad.

Conviene observar la enorme cantidad de circunloquios y precauciones de lenguaje que hay que utilizar en estas cuestiones: “difíciles de explicar”, “parece probable”, “cierta seguridad”, “todavía muy imperfecto”, “no fácil de cuantificar”, “incertidumbres”, “lagunas de desconocimiento”, etc. Todo ello resultaría inadmisibles en un texto periodístico, pero es necesario cuando se quiere abordar el asunto con honestidad y rigor científicos.

Y es que en ciencia no existen absolutos, aunque haya muchas personas que se sientan incómodas con esta realidad. Nunca suele haber blancos o negros, sino una

enorme variedad de grises. Incluso las más elegantes y funcionales leyes del Universo, como la gravitación que enunciara Newton en 1687 y que aún hoy utilizamos para poner satélites en órbita, se han visto corregidas por nuevos descubrimientos posteriores; por ejemplo, la relatividad de Einstein, que postula que el tiempo es relativo y no absoluto como suponía Newton.

Abordar el tema del cambio climático desde el punto de vista científico no puede, pues, partir de premisas absolutas y disyuntivas, muy periodísticas pero poco realistas, como bueno-malo, sino, blanco-negro..., sino que debe atender a muchos matices de desconocimiento: por una parte, de indeterminación, ligados a las leyes naturales que intervienen y que conocemos imperfectamente. Y por otra, de incertidumbre respecto a los mismos datos que utilizamos, los métodos con los que predecimos, e incluso las consecuencias —casi siempre negativas— que tememos.

¿Quiere esto decir que, como no estamos seguros, mejor no hacer nada? Si tienen razón los “profetas del verano carbónico” (como los llamaba una revista científica francesa hace unos años), las cosas son lo bastante graves como para que nos tomemos el problema en serio. Y es casi seguro que algo de razón han de tener porque tenemos datos y observamos sucesos que generan alerta en las mentes más informadas. Pero al tiempo se están alzando voces, no tanto en la comunidad científica —que reconoce estar preocupada, pero asume también que aún queda mucho por averiguar y por precisar— como en la comunidad política y económica del mundo entero que dicen que hay que tener cuidado, que quizá tomar medidas drásticas ahora pueda tener un coste —no sólo en dinero— excesivo de tal modo que sea peor el remedio que la enfermedad. Claro que otras voces —el informe Stern

y el documental de Al Gore son los representantes más recientes de este estado de ánimo— claman por la urgencia de las soluciones, poniendo de relieve la terrible amenaza —“la peor catástrofe ecológica que nunca ha afrontado la humanidad”— que se cierne sobre nosotros.

¿Qué hacer, pues?

Política preventiva

Cualquier postura racional en el estudio del medio ambiente terrestre debe considerar, obviamente, la reducción de los gases emitidos a la atmósfera por el ser humano como una actitud de comportamiento irrenunciable, como una exigencia social a los gobiernos. La mayoría de los expertos opinan que la política preventiva (en forma de reducción) respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero no puede esperar a que pasen los dos o tres decenios que quizá necesitamos para resolver los aspectos científicos y técnicos que impiden ese consenso científico sobre las proyecciones regionales del clima. Pero junto a ello es necesario no caer en actitudes dogmáticas y poner de manifiesto las relaciones reales entre la contaminación atmosférica (en particular, la emisión de gases de efecto invernadero) y el cambio climático, que hoy se difunde como una realidad indiscutible en un debate, a menudo, escaso de racionalidad.

Lo que está claro es que la sociedad de nuestro tiempo ha de enfrentarse a una cada vez más necesaria reducción de esos gases invernadero originados por el consumo de combustibles fósiles, que son recursos naturales no renovables. Y, al tiempo, resulta esencial la apuesta por otro tipo de energías menos contaminantes. No obstante, el debate social sobre este dilema se ha conducido por la vía del calentamiento global y, en cambio, es escasa o nula la información que reciben los ciudadanos sobre la situación en que se encuentran la explotación de

hidrocarburos y los fuertes intereses económicos que gravitan sobre estos recursos.

Y aún menos importante suele ser la consideración acerca de la pobreza del tercer mundo y su relación con la explotación de los recursos naturales que hacemos los países ricos. Cabe recordar que el 20% de la humanidad, nosotros los ricos, consume más de las tres cuartas partes de los recursos naturales del planeta... Y esta auténtica catástrofe —humanitaria y ecológica, se mire como se mire— no

“Abordar el tema del cambio climático desde el punto de vista científico no puede partir de premisas absolutas y disyuntivas, muy periodísticas pero poco realistas.”

parece importarle a nadie. Se considera mucho peor, por ejemplo, el hecho de que los países ricos podamos perder dentro de medio siglo —informe Stern *dixit*— una parte de nuestra renta *per capita*. Y mientras tanto, hoy y no dentro de cincuenta o cien años, con o sin cambio climático, conviven con nosotros mil millones de personas en la miseria más absoluta.

Con todo, y sorprendentemente, el cambio climático se ha hecho popular. Probablemente, porque la gente confunde el clima, y sus cambios promediados a muy largo plazo, con el tiempo atmosférico, que como es sabido cambia constantemente de día en día, de año en año... Y, claro, no es lo mismo que vaya a haber más sequías, o más veranos tórridos dentro de un siglo, que considerar que eso es algo que ya está ocurriendo y que será a corto plazo poco menos que catastrófico.

A este estado de opinión han contribuido diversos colectivos. En primer lugar, algunos especialistas

de disciplinas ajenas a la meteorología y la climatología (economistas, juristas, sociólogos), que a veces se permiten adoctrinar al personal sobre el cambio climático. Pero con ser grave esta intromisión de los no especialistas en una cuestión de investigación que desconocen, los más activos manipuladores de la difusión pública del cambio climático son los medios de comunicación, a su vez alertados por ciertos ecologistas, que defienden un ecologismo mal entendido porque, en este tema concreto, y la verdad es que también en otras cuestiones, han derivado hacia un fundamentalismo dogmático donde el cambio climático es banderín de enganche para actualizar sus discursos y proporcionarse nuevos ingresos con la afiliación de ciudadanos mal informados de la realidad geográfica.

Conviene decir inmediatamente que la labor de muchos grupos ecologistas en diversos campos de la defensa ambiental es loable, pero en el caso concreto del cambio climático, sin unos mínimos conocimientos de circulación atmosférica general y de distribución de climas en el planeta, han apostado por el relato indiscriminado de todo tipo de catástrofes —relacionadas con el tiempo que puede hacer en un futuro inmediato y no con el clima del futuro lejano—, sin atender al hecho de que los climas son promedios a largo plazo que impiden determinar con precisión las posibles desviaciones concretas, año a año, que pudieran producirse.

Incluso la Administración ambiental se ha entregado también a los mensajes sugerentes del cambio climático, privilegiando su estudio —e incluso dando la voz de alarma de manera casi catastrofista— sobre otras cuestiones que quizá tengan mayor repercusión, al menos a corto e incluso medio plazo, para nuestra sociedad; por ejemplo, el propio conocimiento de la realidad climática de nuestras tierras y, en particular, los riesgos climáticos —ya conocidos

desde antiguo, con o sin cambio climático a la vista— ligados a los problemas de ordenación territorial que debieran ser mitigados, de manera urgente, para eliminar y evitar las muchísimas acciones incorrectas llevadas a cabo por la voracidad especulativa, que ignora y olvida la realidad de su espacio geográfico. Es obvio que antes de preocuparse, por seguir con este ejemplo, de los efectos del cambio climático sobre nuestras costas mediterráneas y su repercusión sobre el turismo, resulta urgente, y lo era ya hace bastantes años, replantearse la política urbanística y de ocupación, a menudo ilegal, de zonas sensibles por razones naturales, precisamente en dichas costas. Y así pasa luego lo que pasa, como por ejemplo la pantanada de Tous o incluso el grave suceso de Biescas. ¿Cómo se puede ocupar una zona de aluvión en un torrente de montaña? La culpa de los daños en Tous o Biescas, por seguir con estos ejemplos, ¿es del cambio climático o de la mala gestión humana del territorio? Huelga pensarlo mucho: gotas frías, inundaciones, cauces desbordados son frecuentes en el clima mediterráneo, antes y ahora. El estudio del cambio climático no nos sirve de nada para evitar estos graves perjuicios, y sí una mejor comprensión de los riesgos climáticos habituales, y la adopción de severas medidas contra la especulación y la insensatez.

Frente a los supuestos de un posible cambio climático a largo plazo, es decir, frente a lo que nos dicen que va a ocurrir dentro de varios o muchos decenios, está la realidad de unos episodios atmosféricos que componen el catálogo de esos riesgos climáticos del planeta bastante habituales y bien conocidos históricamente, que vienen causando graves perjuicios económicos y, aún peor, pérdidas humanas. Las consecuencias de estos eventos motivaron la declaración, bajo los auspicios de la ONU, del periodo 1990-99 como Decenio



► Ciclones tropicales como el *Katrina* llevan muchos siglos arrasando zonas del planeta de clima muy cálido.

Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. Algo que, sin embargo, no tuvo ni la difusión ni el apoyo económico de los que sí gozaba, y goza cada vez en mayor medida, el cambio climático futuro y a largo plazo. Es más, los partidarios de las hipótesis más catastrofistas acerca del cambio climático afirman que la génesis de los más recientes episodios atmosféricos excepcionales (temporales de viento, heladas, inundaciones) son una consecuencia más del cambio climático. Como si lo que ocurría hace tiempo no hubiera ocurrido nunca.

El ciclón tropical *Katrina*

Un ejemplo especialmente ilustrativo se dio hace apenas un par de años, cuando el ciclón tropical *Katrina* arrasó la ciudad norteamericana de Nueva Orleans. El ya famoso documental de Al Gore, ex vicepresidente de Estados Unidos, presenta este grave suceso como una prueba representativa, y bien ilustrativa, de lo que nos espera con el cambio climático; como una especie de anticipo que demuestra que el problema ya está aquí. Pero la realidad es muy otra: los ciclones tropicales llevan muchos años, muchos siglos, arrasando las zonas del planeta de clima muy cálido próximas a mares igualmente cálidos.

Por esa razón estos fenómenos se denominan en castellano ciclones tropicales (también baguños, en Filipinas, y tifones en el Mar de China) y no huracanes, como suele afirmarse erróneamente en los medios de comunicación (es una mala traducción del inglés *hurricane*; en español, un huracán es sólo un viento superior a 107 km/h).

Los ciclones llevan haciendo daño desde hace tiempo, y basta con ojear las hemerotecas para encontrar efectos devastadores iguales o incluso muy superiores al de *Katrina*. Y no ya en el Caribe sino en Asia y otras regiones cálidas del planeta. Incluso en los Estados Unidos ha habido en la historia reciente al menos dos ciclones anteriores al *Katrina* aun más intensos, el *Labor Day* de 1935 —el más intenso jamás registrado en el planeta— y el *Camille* en 1969. Similar al *Katrina* fue el *Andrew* de 1995, y casi iguales fueron el *Indianola* de 1886, y el *Florida Keys* de 1919.

La particularidad de los ciclones es que nacen en el mar muy caliente, y mueren asimismo en el mar cuando ya su trayectoria les va llevando a aguas más frías. Algún ciclón residual llega incluso a las costas europeas como borrascas degradadas, cosa relativamente frecuente en Portugal y Galicia.

Durante su vida activa, que suele durar un par de semanas, los ciclones a veces se acercan a las costas y arrasan todo lo que encuentran. Incluso pueden adentrarse en el interior de las tierras, y allí mueren matando, nunca mejor dicho. Eso pasó con el *Katrina*, cuando además se dio la fatalidad de caer de lleno sobre Nueva Orleans, una ciudad mal construida —en zona de marisma, en parte bajo el nivel del mar y con diques en lamentable estado de conservación, más propios del tercer mundo que del país más poderoso—, y además en una región donde las tormentas tropicales se caracterizan habitualmente por su violencia.

El riesgo climático asociado a la famosa ciudad sureña ha sido elevadísimo desde su misma creación por los franceses, en 1718. Fue francesa durante algo más de medio siglo, luego española durante treinta años, luego, brevemente, otra vez francesa, y por fin norteamericana en 1803. En todo ese tiempo, la colonia asentada entre la desembocadura del Mississippi y el lago Ponchartrain fue agrandándose, ocupando zonas invadidas habitualmente por el río en sus crecidas y por el mar en sus momentos furiosos. Una tesis doctoral sobre geografía económica, de un joven doctorando del Instituto de Estudios Políticos de la Universidad de París, en 1954, ya expresaba bien claramente la situación, cuando escribía en uno de sus párrafos: “El Mississippi siempre le planteó graves problemas a Nueva Orleans; un simple excedente de 51 milímetros de lluvia en cuatro meses provocó en 1927 la más dañina y desastrosa inundación hasta la fecha, con crecidas en la ciudad de más de seis metros que inundaron 73.000 km² y causaron más de 2.000 víctimas mortales; algo que podría volver a repetirse en caso de ciclón tropical”.

¿Era vidente aquel joven estudiante francés? Obviamente no, porque la cosa estaba bastante clara. Y aun así hubo que esperar medio

siglo para que lo escrito en aquella tesis se hiciera realidad. Los periódicos franceses le dieron mucha relevancia a esta anécdota porque aquel joven estudiante se llamaba, y se llama, Jacques Chirac, y ha sido presidente de la República Francesa. Por cierto, el trabajo citado de 1954 será presentado esta primavera en Nueva Orleans, editado por una empresa francófona de aquella ciudad, Presses Universitaires du Nouveau Monde, con el título *Nueva Orleans y su puerto en 1954*.

“La difusión exagerada que se ha hecho del cambio climático quizá tenga algún efecto positivo: la llamada a la reflexión de los dirigentes mundiales para que se replanteen las bases del desarrollo económico global, y el cada vez más insostenible modelo energético que sustenta ese desarrollo.”

Tiempo atmosférico y clima

Todo esto significa que no se pueden atribuir al cambio climático fenómenos que, de una forma u otra, se han venido produciendo desde antiguo. Podemos, sí, suponer que ahora serán más frecuentes, o más dañinos, o más extensos; pero esas predicciones requieren demostración histórica rigurosa y una frecuencia de ocurrencia cada vez más elevada. Lo cual requiere mucho tiempo, y nada tiene que ver con la inmediatez de los fenómenos meteorológicos. El tiempo atmosférico es una cosa, el clima otra muy distinta; más lenta, más promediada, siempre a largo plazo.

El estudio de series climáticas históricas demuestra que los eventos dañinos —heladas, sequías,

ciclones destructivos, inundaciones, lo que sea— siempre se han producido, se están produciendo y se producirán, y no pueden por tanto ser achacados a meras consecuencias del cambio climático; al menos, no de manera directa e indiscriminada. Así, por ejemplo, la última grave secuencia de sequía en las tierras ibéricas (1992-95) —aunque el año agrícola 2005-06 fue aún más seco, luego el otoño 2006 y lo que llevamos de invierno 2006-07 está compensando ese déficit de lluvia con creces—, lejos de ser la avanzadilla de un inexorable proceso de desertización al que parecerían estar condenadas buena parte de las tierras de la Península Ibérica, había tenido un digno antecedente hace apenas un decenio (1981-85). Y tuvo precedente a finales de los años sesenta, por citar sólo ejemplos próximos en el tiempo.

Cuestión bien distinta es la forma de afrontar sus efectos negativos más llamativos (falta de agua, campos resecos, etc.), agudizados hoy, incluso con lluvias normales, por el intensivo consumo del recurso hídrico para la agricultura y para usos domésticos e industriales, infinitamente superiores a los existentes hace sólo unos pocos lustros.

En estos casos no podemos seguir esperando que llueva mucho más de lo que venía lloviendo, en promedio. Aunque aumente, o disminuya, la lluvia, es obvio que jamás compensaremos el exceso de consumo al que nos ha llevado el desarrollo urbanístico, el turismo y, por supuesto, la agricultura de regadío, una actividad que en muchos casos ha venido siendo subvencionada, además, por las ayudas comunitarias. Que, por cierto, tienden a desaparecer.

De cara a este problema sí que resulta, pues, imprescindible dedicar muchos más medios para evitar que se produzcan las nefastas consecuencias que nos anuncian los medios de comunicación, y que además forman parte ya habitual de

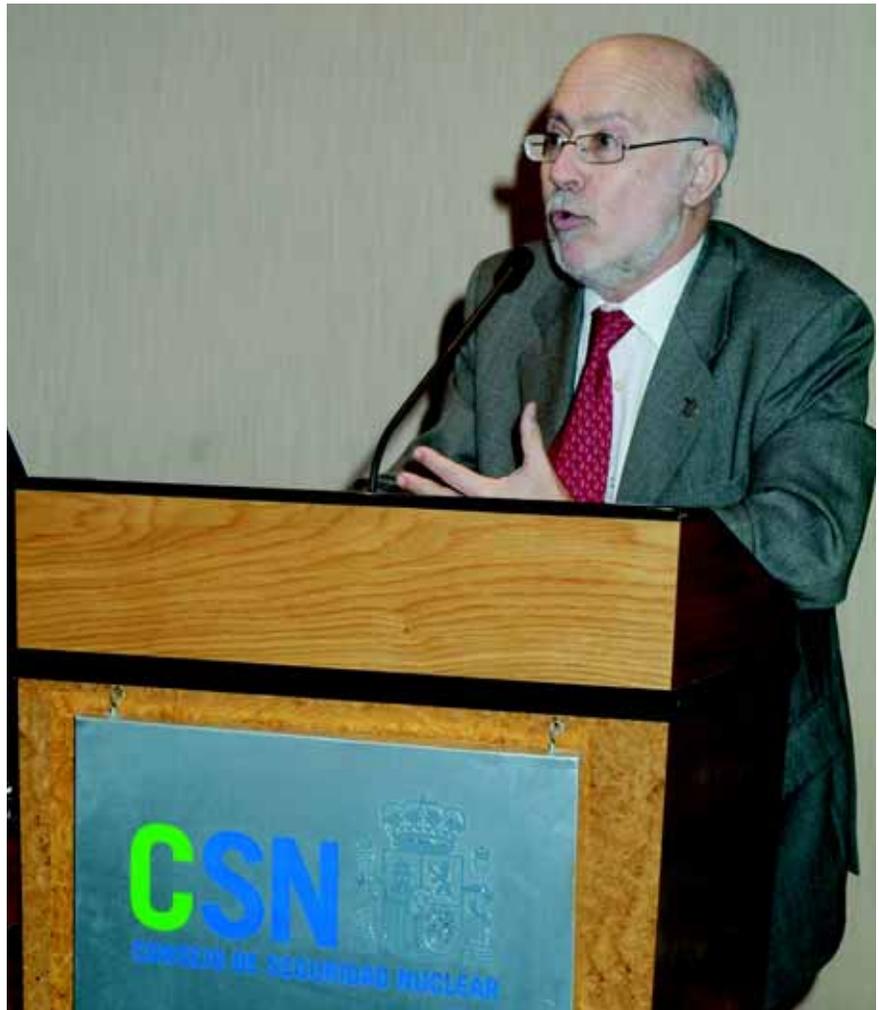
la batalla política entre los grandes partidos. Porque esas consecuencias no tienen que ver con las desastrosas o los trasvases sino, sobre todo, se deben a unas actuaciones incorrectas del ser humano por no tener en cuenta los caracteres del medio natural que habita. El cambio climático futuro no incide en la cuestión, obviamente... Esto es cosa del presente, no del futuro.

A la investigación de estos fenómenos se deberían estar dedicando más recursos económicos, muchos más que al cambio climático de dentro de un siglo. Porque inciden directamente sobre ese presente acuciante tanto de las regiones desarrolladas como de los países pobres. Quizá no debiera invertirse tanto esfuerzo en intentar confirmar una hipótesis de calentamiento global —sobre la que planean bastantes dudas y que, en todo caso, se produciría a largo plazo— sino concentrarlo en mejorar nuestra a menudo absurda concepción del uso del territorio. Lo cual, aun con un horrible cambio climático del futuro siempre será beneficioso, por supuesto.

Del cambio climático y de nuestra alteración del efecto invernadero sabemos algunas cosas, e ignoramos muchas otras. Ya hemos visto que tenemos constancia de estar emitiendo, y la cosa va en aumento, demasiados gases que pueden afectar a la forma en que la atmósfera acumula calor. Buena razón, obviamente para hacernos pensar que debemos ser más ahorrativos y más eficientes en nuestros comportamientos. Y que el modelo energético actual tiene graves fallos que hemos de ir corrigiendo.

Modelo energético insostenible

O sea que las cautelas acerca de los riesgos climáticos de toda la vida no deben inducir en nosotros posturas pasivas e indiferentes. No hay que quedarse de brazos cruzados. La humanidad no puede seguir creciendo económicamente bajo unos principios de depredación rápida de los recursos naturales del planeta,



► Manuel Toharia durante un momento de su conferencia.

donde el 20% de la población consume más de las tres cuartas partes de las riquezas naturales de la Tierra. Éste es un dato que convendría repetir machaconamente para entender por qué es insostenible nuestro modelo de desarrollo, basado a su vez en un modelo energético que no podemos mantener.

Con todo, esa difusión exagerada que se ha hecho del cambio climático quizá tenga algún efecto positivo: la llamada a la reflexión de los dirigentes mundiales para que se replanteen las bases del desarrollo económico global, y el cada vez más insostenible modelo energético que sustenta a ese desarrollo. Pero parece un claro error hacerlo desde la perspectiva de una alarma exagerada y a corto plazo, algo incompatible en esencia con los cambios climáticos, que siempre se refieren a promedios a largo plazo. Resulta mucho más

inteligente dar la voz de alerta, de alerta científica, económica, social, política incluso.

En este sentido, el fomento de energías más limpias (por ejemplo, el gas natural) como alternativa a la actual quema masiva de petróleo, y por supuesto la intensificación de la todavía tímida apuesta por las energías renovables (eólica y solar esencialmente), sin olvidar, a corto plazo, el enorme avance que puede suponer un mejor control de la fisión nuclear, y a largo plazo, incluso en un futuro lejano, la posibilidad de controlar la fusión nuclear, deben constituirse en un fin necesario y urgente para ir encontrando el siempre difícil equilibrio entre población y recursos. Pero sin pensar que existe una especie de panacea mundial; por mucho que fomentemos y mejoremos las formas tradicionales de obtener energía e incluso las más

modernas y ecológicas, nada nos eximirá del necesario ahorro y de la búsqueda incesante de una mejor eficiencia energética en todos nuestros procesos productivos.

Y esto no sólo afecta a los países ricos sino sobre todo a ese Segundo Mundo, esencialmente asiático —en Asia vive la mitad de la humanidad y, dentro de algunos decenios, se producirá bastante más de la mitad de la riqueza y el desarrollo del planeta— que está dejando de ser pobre a marchas forzadas. Y, ojalá, también debiera ser incluido, si fuera posible, en el Tercer Mundo, el de la miseria más agobiante; aunque el pesimismo histórico —nunca en la historia de la humanidad han ayudado los ricos del mundo a que los pobres dejen de ser pobres, mediante un reparto más equitativo de las riquezas— impide pensar que esto sea fácil, y quizá ni siquiera sea posible.

De todos modos, lo esencial consiste en ese tipo de apuesta por un nuevo modelo energético, que debiera ir acompañado de severos castigos a los gobiernos que no controlen sus excesos de emisiones de CO₂ —aunque, ¿cómo podría ser efectivo en realidad dicho control?, ¿quién tendría autoridad para castigar?—, además de una exigencia universal, ya lo hemos dicho, de mejora de la eficiencia energética y de ahorro sustancial de la energía desperdiciada. Sin olvidar la profundización en los estudios, sosegados pero firmes, de los procesos atmosféricos del planeta con el fin de completar nuestro actual desconocimiento y poder comprender mejor cuáles deberían ser nuestros comportamientos precisos en cada lugar y en cada instante. ¿Son imposibles semejantes medidas de cara a mantener, en el futuro, la habitabilidad de nuestro planeta y conocer mejor sus respuestas ante la acción del ser humano? En todo caso, fáciles no son.

En última instancia lo que importa destacar aquí es que, al margen del problema de contaminación

que padece la atmósfera terrestre —incluyendo los contaminantes dañinos y aquellos que, como el CO₂ y el vapor de agua, son beneficiosos pero incrementan el efecto invernadero—, lo realmente sustancial es el establecimiento de una relación estrecha y directa de causa a efecto entre dicha contaminación y el calentamiento global —o cambio climático—. Relación que sospechamos, pero que no permite aún establecer predicciones precisas de cara al futuro.

“La Agenda XXI de la ONU, en su reunión de Río de Janeiro de 1992, precisaba las medidas a tomar para que los países más pobres salieran de la miseria estricta. ¿Qué pasó con aquella excelente propuesta?”

No importa; aunque no hubiera cambio climático o incluso si éste es peor de lo que hoy tememos, lo esencial es que nuestro modelo de desarrollo se basa en premisas —esencialmente energéticas, pero también de consumo de riquezas naturales de todo tipo no renovables— que no parecen ya sostenibles y que quizá no lo fueron nunca, pero antes no éramos conscientes de que no lo eran.

La Agenda XXI de la ONU, en la reunión de Río de Janeiro de 1992, precisaba las medidas a tomar para que los países más pobres salieran de la miseria estricta. Se trataba de aportar apenas una pequeñísima parte de la riqueza de los países más desarrollados, el 0,7% de su PIB. ¿Qué pasó con aquella excelente propuesta? Duerme el sueño de los justos... Quizá ahora, con el miedo al cambio climático, resucitemos aquellos generosos estudios. Aunque lo más probable es que el Primer Mundo siga en sus trece, incluso intentando controlar por la fuerza las fuentes de energía

consideradas “estratégicas” —¿qué otro sentido tuvo, por ejemplo, la guerra de Irak, disfrazada de lucha contra el terrorismo internacional?— con tal de no replantearse un modelo que, después de todo, ha producido tanto bienestar y desarrollo a la inmensa mayoría de sus habitantes. La realidad de las cosas es que los países más pobres tienen muy poco que esperar de semejantes actitudes insolidarias, que son las dominantes en el panorama internacional.

Divulgar con rigor

Por eso resulta esencial plantearse la divulgación de estas cuestiones complejas con el máximo rigor, sin excesos catastrofistas sobre el apocalipsis que se avecina, ni engaños capitalistas sobre la inocuidad de nuestro modelo de desarrollo. Una buena comunicación al gran público y a los dirigentes políticos y económicos, por qué no, acerca de estas cuestiones sutiles y al tiempo complejas relacionadas con el cambio global, el calentamiento, el modelo energético y el tipo de desarrollo que debiéramos exportar gratuitamente al Tercer Mundo, no sólo mejorará la situación en el medio y largo plazo sino que, sobre todo, hará a los ciudadanos de hoy y del mañana más libres, por contar con un mejor criterio a la hora de elegir su propio destino. Una democracia en la que eso ocurra tendrá mucho más valor, porque el voto individual será, sencillamente, un voto más informado, más consciente, más realista.

No es un objetivo pequeño. Y resulta además difícil de poner en marcha. Porque no siempre resulta fácil educar a la población entera, especialmente a la población adulta que es la que hoy, y todavía durante un tiempo, seguirá tomando las decisiones más trascendentales. Pero no hay que renunciar a él. Porque con este tipo de acciones, o de omisiones, no sólo nos jugamos nuestro presente sino, sobre todo, nuestro futuro; y el de nuestros hijos y nietos. 

Luchar contra las agresiones al medio ambiente

El Gobierno ha aprobado el *Proyecto de Ley de Responsabilidad medioambiental* que pone en práctica la filosofía: “el que contamina, repara”. Esta norma obligará a los operadores económicos y profesionales

a restaurar íntegramente los daños ocasionados y a prevenir las afecciones al medio. La futura ley, que se encuentra en trámite parlamentario, supone un avance sustancial en las agresiones al medio ambiente y la impunidad de los infractores.

El Consejo de Ministros, a propuesta del Ministerio de medio ambiente, ha aprobado recientemente el *Proyecto de Ley de Responsabilidad medioambiental* con el objetivo de que los responsables de los daños que se hayan ocasionado a los recursos naturales asuman la reparación íntegra del deterioro causado. Al mismo tiempo, este nuevo texto legal obligará a los operadores económicos y profesionales a la adopción de medidas preventivas para evitar que se produzcan catástrofes ambientales que atenten contra el patrimonio natural y la salud humana.

La ley, que hace por tanto efectivo el cumplimiento del artículo 45.3 de la Constitución (obligación de reparar los daños causados al medio ambiente), tiene por objeto aplicar el principio “quien contamina, repara”, que va más allá del principio “quien contamina, paga”. Se trata de asegurar que el responsable de la actividad devuelva los recursos naturales dañados a su estado original, sufragando el total de los costes, aun cuando no haya cometido ninguna infracción administrativa y haya actuado de conformidad con la normativa aplicable.



● Residuos de la rotura de la mina de Aznalcóllar. © M. Rubín.

Con ello, se quiere evitar que la factura de la reparación sea sufragada por los presupuestos públicos, como viene ocurriendo en muchas ocasiones hasta la fecha. A título de ejemplo: sólo el presupuesto del Ministerio de medio ambiente ha afrontado a lo largo de los últimos siete años, gastos de reparación ambiental cercanos a los 183 millones de euros, de los que 113 millones son atribuibles a la descontaminación de suelos. En las actuaciones

relacionadas con el vertido de Aznalcóllar se invirtieron, adicionalmente, más de 75 millones de euros para reparar los daños ocasionados por una empresa minera. La inversión prevista para llevar a cabo las tareas de limpieza y recuperación de las aguas del embalse de Flix, a las que han ido a parar vertidos de sustancias altamente contaminantes procedentes de industrias electroquímicas, será de otros 155 millones de euros.

Junto a la reparación efectiva del daño, se persigue reforzar el principio de “prevención” para evitar que los daños medioambientales lleguen a producirse. Para ello, obliga a los operadores de las actividades económicas y profesionales a que adopten todas las medidas de prevención que resulten necesarias ante un supuesto de amenaza de daño al medio ambiente.

Hay que destacar que el gasto de las empresas españolas en prevención de riesgos ambientales ha crecido de manera muy significativa a lo largo de los últimos años (alcanzando en 2003 la cifra de 2.000 millones de euros). Sin embargo, la tasa de accidentes industriales con consecuencias para el medio ambiente es susceptible de mejora.

La ley afectará aproximadamente a más de 5.000 instalaciones industriales, a unas 30.000 empresas de transporte de mercancías peligrosas y a casi un millón de explotaciones agrarias. Se prevé que el coste de la ley sea de aproximadamente unos 100 millones de euros anuales.

Ámbitos de regulación

Los bienes protegidos por esta ley son de naturaleza medioambiental como son el agua, la costa, el suelo y los hábitats y especies silvestres protegidas, quedando expresamente excluidos de su ámbito los denominados daños tradicionales (aquellos que afectan a los particulares y a sus bienes).

Asimismo, las actividades económicas y profesionales susceptibles de ocasionar daños medioambientales son aquellas ya reguladas por la legislación comunitaria y que, por su naturaleza, entrañan riesgos, aunque sean potenciales, para el medio ambiente o para la salud humana. Entre las leyes más destacadas cabría citar las instalaciones cubiertas por la normativa de prevención y control integrado de la contaminación (conocida como *Ley IPPC*), las relativas a la gestión de

todo tipo de residuos, las reguladas por la normativa de aguas (con vertidos de sustancias peligrosas incluidas), las relativas a la producción, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas, biocidas y fitosanitarios; el traslado transfronterizo de residuos peligrosos y el transporte de mercancías peligrosas.

“Uno de los aspectos más novedosos de la ley es el carácter ilimitado de la responsabilidad medioambiental, ya que obliga a reparar los daños al medio ambiente en su integridad, devolviendo los recursos naturales al estado original en el que se encontraban antes del daño.”

En todos estos supuestos, la responsabilidad se exige sin necesidad de que concurra culpa o negligencia en el operador.

Otro de los aspectos más novedosos y sobresalientes de la ley es el carácter ilimitado de la responsabilidad medioambiental. Como principio, la ley obliga a reparar los daños al medio ambiente en su integridad, devolviendo los recursos naturales al estado original en el que se encontraban antes del daño. Y ello con independencia de cuál sea la cuantía económica a la que ascienda dicha reparación.

Medidas de reparación

La ley incorpora, de manera homogénea para el conjunto del Estado, una serie de normas técnicas para las medidas de reparación en sus distintas modalidades. Además, reconoce a las organizaciones sin ánimo de lucro el derecho a promover la intervención administrativa para asegurar la correcta ejecución de la *Ley de Responsabilidad medioambiental*, y

evitar así, que los daños ambientales queden sin reparar por quien los ocasionó, en la misma línea que la *Ley Aarhus* (recientemente aprobada por las Cortes Generales y que regula los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente).

Garantías económicas

Para garantizar la eficacia de la ley y asegurar que los operadores disponen de los recursos económicos necesarios para hacer frente a estas obligaciones legales, se les exige que cuenten con una garantía financiera con la que cubrir la responsabilidad medioambiental en la que puedan incurrir.

La evaluación del daño potencial se efectuará mediante una metodología pionera en el ámbito de la Unión Europea, que actualmente está en fase de estudios técnicos y pruebas piloto, y se concretará a través de desarrollo reglamentario. En función de la evaluación del daño potencial, se establecen una serie de umbrales para graduar la exigencia de garantía financiera:

— Por debajo del umbral de 300.000 €, los operadores quedan exentos de esta exigencia.

— Entre 300.000 € y 2.000.000 €, los operadores podrán optar entre suscribir la garantía financiera o adherirse al sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), o bien al sistema de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001:1996.

— Por encima del umbral de 2.000.000 €, se exigirá siempre la garantía financiera.

La garantía puede adoptar la forma de seguro, de aval bancario y/o de reserva técnica, y debe estar vigente durante todo el tiempo que dure la actividad. Esta parte de la norma tendrá efectos a partir del 30 de abril de 2010 de forma gradual, con el fin de asegurar que el mercado se encuentre en situación de ofrecer tales garantías. 

J.Luis Martín Mattarranz, Carmen Álvarez García, Ignacio Amor Calvo, Lucila Ramos Salvador, Manuel Rodríguez Martí y J. Carlos Lentijo Lentijo*

Polonio-210, ese desconocido

Fue el primer elemento radiactivo descubierto por el matrimonio Curie y, en los últimos meses, ha saltado a la actualidad tras el presunto envenenamiento de un espía ruso con esta sustancia pero,

es también el gran desconocido.

En este artículo, miembros de la Dirección de Protección Radiológica del CSN definen el origen, y explican los usos y propiedades del polonio-210.

Propiedades

El polonio es el elemento de número atómico 84 y símbolo Po que junto con el oxígeno, azufre, selenio y el telurio pertenece al grupo de los anfígenos, siendo el polonio el elemento más metálico de los de su serie.

El polonio tiene la facultad de volatilizarse con facilidad, si una muestra se calienta a 55°C, el 50% se volatiliza en 45 horas aunque su punto de fusión es de 254°C y el de ebullición 962°C.

En sus propiedades químicas y físicas se parece a los elementos telurio y bismuto. Se disuelve fácilmente en ácidos diluidos pero es ligeramente soluble en álcalis.

No se conoce ningún isótopo estable de este elemento, siendo todos radiactivos. Varios de estos isótopos se encuentran en las series del uranio (²³⁸U), del torio (²³²Th) y del actinio (²³⁵U).

Los isótopos del polonio pertenecientes a cada una de las series radiactivas son los siguientes: cadena del ²³⁸U (²¹⁸Po, ²¹⁴Po, ²¹⁰Po), cadena del ²³²Th (²¹⁶Po, ²¹²Po), y

Tabla periódica de los elementos químicos. El elemento Polonio (Po) con número atómico 84 está circulado en rojo en la tabla.

Tabla periódica de los elementos químicos en la que se destaca la posición del Polonio.

cadena del ²³⁵U (²¹⁵Po, ²¹¹Po). Todos estos isótopos tienen periodos de semidesintegración muy cortos, comprendidos entre los 3.10⁻⁷ segundos del ²¹²Po hasta los 138,4 días del ²¹⁰Po.

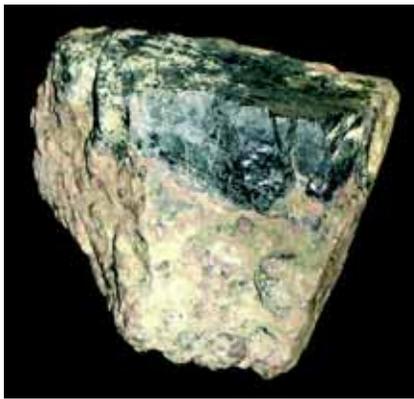
De los isótopos indicados, conviene destacar por su importancia radiológica el ²¹⁸Po y el ²¹⁴Po, descendientes del gas radiactivo ²²²Rn y principales responsables de las dosis que recibimos en mayor o menor medida los habitantes del planeta por la inhalación de dicho gas, principalmente en el interior de los edificios.

Obtención

Existen isótopos del polonio tales como el ²⁰⁶Po, ²⁰⁸Po y el ²⁰⁹Po, con periodos de semidesintegración respectivos de 8,8 días, 2,89 años y 103 años, que son producidos artificialmente en reactores o en aceleradores de partículas.

El ²⁰⁸Po junto con el ²⁰⁶Po han sido producidos también por activación de blancos de bismuto metálico con protones de 40 MeV. La producción de estos isótopos es bastante cara, sobre todo la del ²⁰⁹Po, ya que requiere largas activaciones.

*Los autores de este artículo pertenecen a la Dirección de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear.



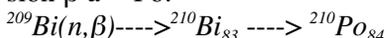
► Mineral de pechblenda que contiene uranio, en cuya cadena de desintegración aparece el polonio-210.

Estos isótopos de polonio producidos artificialmente son utilizados como trazadores en los procesos radioquímicos para aislamiento del ^{210}Po .

El ^{210}Po , que también recibió antiguamente el nombre de "radio F", fue el primer elemento radiactivo descubierto por Marie Curie y su esposo en el año 1898, mientras estaban investigando el origen de la radiactividad encontrada en la pechblenda y lo denominaron polonio en homenaje a su país de nacimiento, Polonia. Unos pocos años después aislaron el ^{226}Ra .

El ^{210}Po se puede aislar según el método utilizado por los Curie, mediante el tratamiento con ácidos (los esposos Curie utilizaron ácido sulfúrico) de los minerales de uranio y su separación radioquímica posterior.

El ^{210}Po se produce artificialmente mediante el bombardeo del isótopo estable ^{209}Bi con neutrones formándose en primer lugar ^{210}Bi , isótopo radiactivo con un periodo de semidesintegración de cinco días. El ^{210}Bi decae mediante emisión β a ^{210}Po :



Utilización

El polonio-210 es utilizado como eliminador de electricidad estática en ciertos procesos industriales donde puede generarse, como son la producción de papel, de láminas de plástico y en la fabricación de fibras sintéticas. Las partículas

α de elevada energía (5,30 MeV) emitidas por el ^{210}Po , ionizan el aire adyacente y los iones producidos neutralizan la electricidad estática generada en las superficies que se encuentran en contacto con el aire.

El mismo principio es el de los cepillos utilizados para evitar que el polvo se acumule en el acetato de las películas fotográficas y en las lentes de las cámaras.

"El polonio-210 se llamó anteriormente "radio F" y fue el primer elemento radiactivo descubierto por Marie Curie y su esposo en 1898, mientras investigaban el origen de la radiactividad y lo denominaron polonio como homenaje a su país de nacimiento, Polonia."

Otra utilización del ^{210}Po está en la eliminación de la electricidad estática de las carrocerías de los coches previa a su pintura, ya que la electricidad estática puede atraer partículas que se depositan sobre la superficie estropeando el resultado final del proceso. La eliminación de la electricidad estática se lleva a cabo mediante la pulverización de aire con ^{210}Po sobre la carrocería, eliminando las partículas existentes sobre ésta y evitando que se depositen.

El ^{210}Po ha sido el emisor α más ampliamente utilizado debido a su gran poder de ionización. No obstante, y debido al relativamente bajo periodo de semidesintegración de este isótopo, los instrumentos utilizados deben ser sustituidos cada año.

El ^{210}Po en su decaimiento emite gran cantidad de energía, un gramo del elemento puede alcanzar temperaturas de 500°C , por lo que esta capacidad calorífica ha sido utilizada como fuente de energía en el espacio.

Esta capacidad calorífica del ^{210}Po , se utilizó para mantener a temperatura de operación, durante la noche, de los componentes internos de los vehículos utilizados para la exploración de la superficie lunar del proyecto ruso Lunokhod.

Este proceso fue también utilizado en los denominados RTG (*Radiation Thermoelectric Generators*), en los cuales se utilizó la energía eléctrica generada, debido al calor producido por la desintegración del ^{210}Po .

Algunos prototipos de RTG construidos durante los años cincuenta en Estados Unidos, utilizaron ^{210}Po debido a la producción de una elevada densidad de energía, pero su uso fue limitado debido, principalmente, a su corto periodo de semidesintegración y a la emisión de cierta radiación γ . Con posterioridad el isótopo más utilizado ha sido el ^{238}Pu en forma de PuO_2 .

El ^{210}Po junto con el berilio se utilizó también como fuente de neutrones, en la primera generación de bombas atómicas, en el denominado Proyecto Manhattan.

El polonio-210 en la naturaleza

Debido a su característica de isótopo natural primordial, el ^{210}Po , está distribuido ampliamente en el medio ambiente, tanto en los ecosistemas terrestres como en los ecosistemas acuáticos. En el medio ambiente este isótopo se encuentra en concentraciones bajas, salvo en aquellos minerales, como los fosfatos de origen sedimentario, donde existen concentraciones de actividad relativamente elevadas de ^{238}U con valores típicos del orden de 1.500 Bq/kg. En estos minerales, y antes de su procesamiento, tanto el ^{210}Po como el resto de isótopos de la cadena están en equilibrio secular con su cabeza de serie, el ^{238}U .

Debido a su amplia distribución en el medio ambiente, está incorporado a la cadena alimentaria, y existen multitud de estudios sobre las concentraciones de este isótopo en el aire, aguas, suelos, sedimentos, biota y alimentos.



► Cepillo utilizado para la eliminación de electricidad estática. Usa una pequeña película de polonio encapsulada bajo una capa de oro. © RGB Ediciones.

A través de la inhalación y la ingestión de agua y alimentos, el ser humano incorpora en pequeñas cantidades este isótopo en su organismo. Dentro de la vía de la ingestión de alimentos, la ingestión de peces y mariscos ha mostrado ser la más representativa. En la población portuguesa, por ejemplo, el 70% de la incorporación del ^{210}Po , se lleva a cabo a través de la ingestión de peces y mariscos.

Otra vía importante de incorporación de ^{210}Po en el organismo es a través del consumo de tabaco, aproximadamente el 84% de la actividad α existente en las plantas del tabaco es debida a este isótopo incorporado en la planta a través de la deposición directa en las hojas o indirectamente desde el terreno a través de la raíz.

No obstante, las concentraciones de este isótopo en el tabaco varían considerablemente en función de los tipos de tabaco y de las localizaciones donde se cultiva.

El ^{210}Po , está incluido entre las sustancias que se encuentran en el humo del tabaco. A la temperatura de ignición del cigarro el ^{210}Po , se volatiliza y es inhalado penetrando en los pulmones.

Se ha observado que la excreción de ^{210}Po en orina, es más elevada en los fumadores que en los no fumadores. El estudio del contenido de este isótopo en diferentes

tejidos únicamente mostró un ligero incremento de las concentraciones de polonio en los fumadores, salvo en el tejido pulmonar donde la diferencia fue más significativa.

El ^{210}Po junto con el ^{210}Pb y otra serie de sustancias químicas producidas durante la combustión del tabaco, son considerados como los agentes generadores de los cánceres de pulmón producidos en los fumadores.

El ^{210}Po junto con el ^{210}Pb han sido ampliamente utilizados como trazadores en procesos ambientales, como por ejemplo en el comportamiento de los aerosoles atmosféricos y específicamente en la estimación de los periodos de residencia y en los estudios de la circulación atmosférica.

La relación natural entre el ^{210}Pb y el ^{210}Po explica que la mayoría de los estudios de comportamiento ambiental tengan en cuenta los dos isótopos. El UNSCEAR, en su publicación del año 2000, considera que la concentración atmosférica media anual a nivel mundial de ^{210}Pb y ^{210}Po es, respectivamente, de 500 y $50\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

En el medio marino ambos isótopos han sido utilizados para determinar la cronología de los sedimentos, tiempos de residencia, tasas de incorporación en el plancton, productividad biológica y la redistribución de contaminantes en los estuarios.

Otra aplicación “natural” del ^{210}Po es en la determinación retrospectiva de las concentraciones de ^{222}Rn en el interior de los edificios a través de la medida del ^{210}Po depositado en ciertas superficies como las de espejos y otros elementos cristalinos.

Esta técnica esta basada en la medida de la concentración de actividad del ^{210}Po implantado en las superficies de cristal. La actividad del ^{210}Po en el cristal proviene de la deposición de los productos de decaimiento del ^{222}Rn , y de su implantación debido a la energía de retroceso generada durante el decaimiento de los dos isótopos alfa, ^{218}Po y ^{214}Po . El siguiente producto de decaimiento ^{210}Pb , con un periodo de semidesintegración de 22,3 años, permanece atrapado en el cristal, generando el siguiente producto de decaimiento el ^{210}Po , cuya emisión α puede ser detectada en un detector de trazas.

En conclusión la actividad α del ^{210}Po medida, se puede relacionar con las concentraciones de ^{222}Rn que existieron en el pasado en la habitación estudiada. Esta técnica está siendo utilizada en la realización de estudios epidemiológicos.



► El consumo de tabaco es una de las vías importantes de incorporación del polonio-210 al organismo.

El ^{210}Po aparece como componente de los subproductos y de algunos productos generados en las denominadas industrias no nucleares donde se procesan minerales con ^{238}U . Entre estas industrias se encuentran las de fabricación de ácido fosfórico y fertilizantes, donde en los fosfoyesos generados como residuo se han medido concentraciones de ^{210}Po del orden de 500 Bq/kg.

Concentraciones más elevadas, del orden de 300.000 Bq/kg, se han medido en las partículas recogidas en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en algunas industrias en las que se lleva a cabo el tratamiento térmico del mineral correspondiente.

Riesgos asociados a la utilización del polonio-210. Efectos sobre la salud

El polonio-210, al ser un emisor α (la radiación γ que emite es muy débil), no presenta riesgo de irradiación externa y sólo es peligroso para la salud cuando se incorpora al organismo. Las vías de incorporación son mediante ingestión, inhalación y a través de una herida abierta. Tras su incorporación, el polonio se concentra en el bazo, nódulos linfáticos, médula ósea, hígado y riñones. La distribución en los diferentes tejidos está influenciada considerablemente por la vía de administración, por lo que hay que tener presente que, aunque de forma general el polonio se concentra más en el bazo y en los riñones, es muy importante el depósito temporal que se produce en los pulmones después de inhalar un compuesto insoluble de polonio.

Entre el 50 y el 90% polonio que se incorpora mediante ingestión al organismo aparecerá en el tracto gastrointestinal y se eliminará en los primeros días, después de la ingestión, a través de las heces. La fracción restante que permanece en el organismo entrará en el torrente sanguíneo e irá disminuyendo su concentración de acuerdo

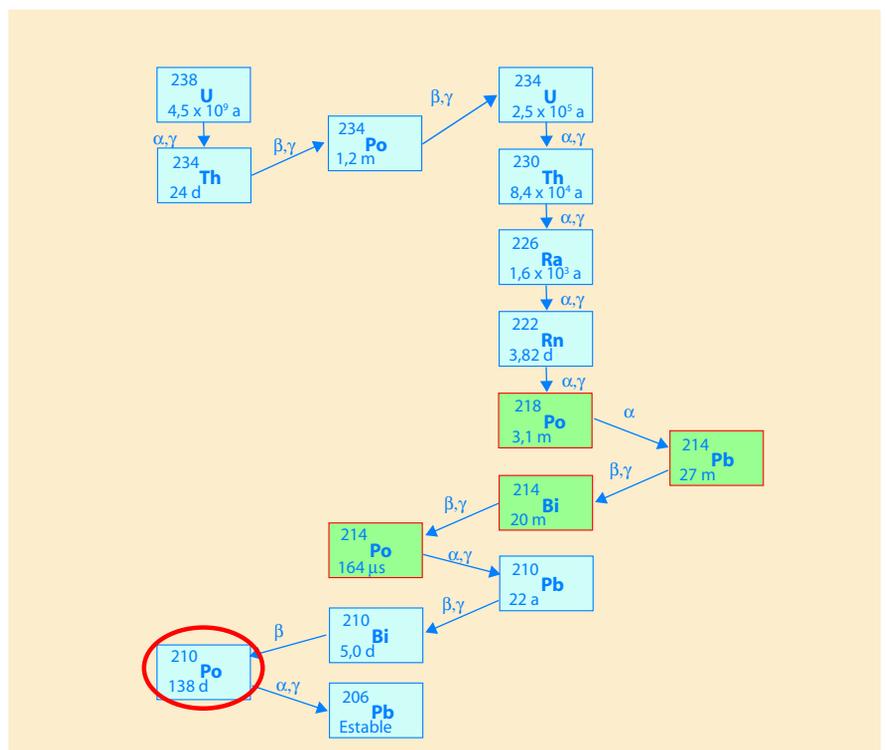
con su semiperiodo de eliminación biológica de 50 días. Después de la ingestión, la dosis de radiación procedente del polonio se distribuye de una manera uniforme entre los tejidos, por lo que proporciona una dosis de radiación semejante a una irradiación externa a todo el organismo, en lugar de una irradiación parcial en el órgano que se deposite.

Los efectos nocivos de la radiación α procedente del polonio, son más comunes en los riñones que en el bazo, a pesar de que el bazo recibe una dosis más alta de radiación. Se estima que aproximadamente el 45% del polonio existente en el organismo se deposita en el bazo, en los riñones y en el hígado, un 10% en la médula ósea y el resto distribuido entre los nódulos linfáticos, la membrana mucosa del tracto respiratorio y el resto del cuerpo.

Cuando la radiación alfa interacciona con la materia biológica se produce un proceso de ionización que da lugar a modificaciones en átomos y moléculas. Los efectos biológicos de la radiación derivan del daño que ésta causa en la estructura química de las

células, fundamentalmente en el ácido desoxirribonucleico (ADN) existente en los núcleos, encargado de transmitir la información durante la reproducción celular.

En el caso de no funcionar adecuadamente los mecanismos reparadores de este daño se puede producir la muerte de la célula mutada. Con bajas dosis de radiación la muerte celular es rara y la repercusión clínica en general es escasa debido a la redundancia de las funciones celulares, los mecanismos de reparación y el reemplazo celular. Sin embargo, dosis altas de radiación pueden provocar la muerte de un determinado número de células en un órgano o tejido específico, ser letal para dicho tejido y de tratarse de un órgano vital, para el individuo expuesto. Este tipo de efecto, "efecto no estocástico o determinista", se le podría llamar también tisular, ya que aparecerá únicamente cuando la dosis supere un determinado nivel umbral. Por el contrario, se habla de "efectos estocásticos" para referirse a aquellos de carácter probabilista y que a efectos de protección radiológica se considera que no tienen



► Serie del uranio-238.

una dosis umbral, al aumentar las dosis aumenta su probabilidad de aparición.

Cuando se administra la cantidad de un microgramo de polonio puede causar dosis de radiación altas, de aproximadamente 12,5 greys (Gy) y con esta dosis se produce un síndrome de irradiación aguda. Este síndrome de irradiación aguda se produce por una única exposición de todo o casi todo el organismo a altas dosis de radiación, pudiéndose distinguir en función de la dosis absorbida tres tipos: síndrome hematopoyético, con dosis en el rango entre 1 y 10 Gy; síndrome gastrointestinal, entre 10 y 20 Gy y síndrome del sistema nervioso central, con dosis mayores de 20 Gy. Se estima que sin tratamiento adecuado tras una dosis a todo el cuerpo de aproximadamente 3,5 Gy, la mortalidad a los dos meses es del 50%, lo que se denomina dosis letal 50.

Después de ingerir aproximadamente un microgramo de ^{210}Po se produce el síndrome gastrointestinal, que se manifiesta clínicamente en tres fases. En una primera fase comienzan a aparecer síntomas gastrointestinales caracterizados por náuseas, diarreas, vómitos y fatiga. La segunda fase es una fase de latencia, de días de duración, asintomática, pero en la que es posible detectar cambios significativos en la analítica sanguínea. La tercera fase se manifiesta en un empeoramiento general que comienza de forma aguda con vómitos, diarrea, fiebre, pérdida de cabello y hemorragia intestinal.

El síndrome gastrointestinal es debido principalmente a la pérdida del epitelio gastrointestinal asociado a agranulocitosis. Las complicaciones clínicas más importantes están relacionadas con la infección sistémica por gérmenes entéricos, alteraciones electrolíticas y *shock* hipovolémico. Las condiciones del paciente pueden deteriorarse posteriormente produciéndose distensión abdominal, pérdida de peristaltismo, deshidratación, colapso circulatorio y muerte.

Los síntomas iniciales del síndrome de irradiación aguda pueden servir para evaluar la severidad de la exposición, asimismo la duración del intervalo entre la exposición y el inicio de los síntomas y la severidad de estos determina el pronóstico. La aparición temprana de síntomas neurológicos tales como apatía, ataxia o convulsiones indica una exposición a dosis altas.

"El polonio-210, al ser un emisor α , no presenta riesgo de irradiación externa por lo que las medidas de protección radiológica, se han de centrar en evitar la incorporación del radionucleido en el interior del organismo, prever cualquier tipo de contaminación y tener cuidado para no extender la contaminación que se haya podido producir."

Además del síndrome descrito, la inhalación de polonio hace que permanezcan en el pulmón las partículas insolubles de polonio durante bastante tiempo y una pequeña fracción de ellas son transportadas lentamente a través de los macrófagos alveolares a los nódulos linfáticos pulmonares. A consecuencia de ello, la inhalación de polonio puede producir cáncer de pulmón.

Protección radiológica

Al ser el ^{210}Po un emisor α , no presenta riesgo de irradiación externa por lo que las medidas de protección radiológica se han de centrar en evitar la incorporación del radionucleido en el interior del organismo, evitar cualquier tipo de contaminación y cuidar no extender la contaminación que se haya podido producir. Si fuese necesario, se ha de acordar la zona con objeto de confinar en lo posible la contaminación e

impedir el acceso de cualquier persona a este lugar. Utilizar medidas de protección tales como vestuario adecuado, guantes, calzas, gafas protectoras, con objeto de no contaminarse y posteriormente guardar estos objetos en bolsas de plástico para no extender la contaminación.

En caso de que el empleo de polonio pueda dar lugar a su presencia en forma de aerosoles será necesario adoptar medidas específicas para evitar su incorporación al organismo mediante inhalación. Se utilizará en recintos que garanticen un buen grado de confinamiento y dotados de sistemas de ventilación adecuados, las personas que deban permanecer en el interior utilizarán medidas individuales de protección respiratoria.

Si hubiese personas afectadas, deberán ser trasladadas a una zona donde no haya contaminación y recoger muestras biológicas de los orificios nasales con precaución de no extender la contaminación y recoger la mayor información posible de la persona contaminada y del suceso con objeto de facilitar la posterior actuación de los servicios médicos.

Estimación de las dosis resultantes de la exposición al polonio-210

Como se ha indicado, el ^{210}Po es un emisor α que sólo presenta riesgo radiológico en caso de que se incorpore al interior del organismo (por inhalación, por ingestión o a través de heridas).

La determinación de las dosis resultantes de la incorporación de ^{210}Po (y en general de cualquier sustancia radiactiva) al organismo constituye un proceso de gran complejidad que exige, como paso previo, conocer el comportamiento metabólico del material incorporado. En el caso particular del ^{210}Po hay que señalar que:

- Cuando el ^{210}Po se incorpora vía ingestión, se estima que aproximadamente un 10% de la actividad incorporada se absorbe en el torrente sanguíneo (actividad sistémica) y

el resto se excreta en heces. El ^{210}Po absorbido en sangre se distribuye de modo más o menos uniforme en tejidos blandos, con cierta preferencia en el hígado y riñones. Esta actividad sistémica se elimina biológicamente del organismo a través de las heces, de la orina y del sudor. El periodo biológico de retención del ^{210}Po absorbido en sangre es de unos 50 días, lo que significa que aproximadamente un 1,5 % de la actividad sistémica es excretada diariamente (un tercio de esta cantidad se excreta a través de la orina).

- Cuando el ^{210}Po se incorpora vía inhalación, los procesos biológicos son más complejos, y están condicionados por la distribución del tamaño de partícula en el aerosol inhalado y por la forma química del mismo, que determina su velocidad de absorción en el torrente sanguíneo. Parte del material inhalado (el de mayor tamaño de partícula) se deposita en zonas superiores del sistema respiratorio (zona nasal posterior, faringe y laringe) y puede pasar al tracto gastrointestinal a través de la saliva, comportándose como el material incorporado vía ingestión. Otra parte del material inhalado se deposita en las zonas profundas del sistema respiratorio (bronquios, bronquiolos y alveolos); una fracción de la misma se absorbe rápidamente en sangre, distribuyéndose entre los distintos tejidos del organismo; la otra fracción se elimina más lentamente. Se estima que aproximadamente un 10% del ^{210}Po depositado en el sistema respiratorio se absorbe rápidamente en sangre.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha desarrollado unos modelos dosimétricos que permiten caracterizar matemáticamente (mediante sistemas de ecuaciones diferenciales) los procesos de retención, absorción, distribución y eliminación de las sustancias radiactivas incorporadas al organismo. En la publicación n° 66 de la ICRP (1995) se establece el modelo dosimétrico

del sistema respiratorio, que proporciona las bases para estimar las dosis resultantes de la inhalación de radionucleidos. En la publicación n° 100 de la ICRP (2006) se establece el modelo dosimétrico del tracto gastrointestinal, que proporciona las bases para estimar las dosis resultantes de la ingestión de radionucleidos. Con ayuda de códigos de cálculo apropiados, con estos modelos dosimétricos se posibilita:

"El método utilizado en España para la determinación del polonio-210 en orina se basa en la utilización de sistemas de espectrometría α ; usando la propiedad que presenta el polonio de depositarse espontáneamente sobre una placa de plata, como consecuencia de su mayor potencial de ionización."

- Determinar la cantidad del material radiactivo incorporado que se deposita en los distintos órganos y tejidos del organismo.

- Determinar la energía que se imparte a los distintos órganos y tejidos del organismo como resultado de las radiaciones emitidas por el material radiactivo en ellos depositado. La dosis efectiva resultante de la incorporación de radionucleidos se calcula a partir del valor de la energía impartida (por unidad de masa) en los distintos órganos y tejidos del organismo.

Hay que señalar que, en la práctica, las enormes dificultades inherentes al cálculo de dosis por incorporación de sustancias radiactivas quedan en gran parte solventadas gracias a que los modelos dosimétricos de ICRP también proporcionan en forma tabulada los denominados "coeficientes de dosis". Los

coeficientes de dosis (para inhalación e ingestión) necesarios para el cálculo de dosis internas aparecen tabulados en el Anexo III del *Reglamento sobre Protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (Real Decreto 783/2001 de 6 de julio)* y expresan la dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación, permitiendo realizar el cálculo de dosis internas mediante algoritmos matemáticos simples, sin tener que acudir a códigos de cálculo:

$$E_{\text{INC}} (\text{mSv}) = I_{\text{INC}} (\text{Bq}) \cdot h_{\text{INC}} (\text{mSv/Bq})$$

Siendo:

E_{INC} : dosis efectiva comprometida por inhalación o ingestión.

I_{INC} : actividad incorporada (Bq) vía inhalación o ingestión.

h_{INC} : coeficiente de dosis (mSv/Bq) por inhalación o ingestión.

La "dosis efectiva comprometida" se define como la dosis efectiva que se recibe durante los 50 años posteriores al instante en que se produce la incorporación. Las sustancias radiactivas incorporadas al organismo provocan la irradiación de los órganos y tejidos en los que se depositan de forma continuada, en tanto no sean eliminadas completamente del organismo, ya sea mediante procesos biológicos o mediante procesos físicos (desintegración). Para tener en cuenta esta circunstancia, a nivel internacional se ha adoptado el convenio de estandarizar el cálculo de dosis internas sobre un periodo de tiempo de 50 años.

Por tanto, una vez que se conoce el valor de la actividad incorporada al organismo, el cálculo de las dosis resultantes de la incorporación resulta inmediato, pues no hay más que acudir a las tablas de coeficientes de dosis y seleccionar el que resulte más adecuado a las particularidades de la incorporación (vía de incorporación, forma química, tamaño de partícula, etc.).

En el caso del ^{210}Po , el cálculo de la actividad incorporada se realiza a partir de la actividad excretada en orina; pero para ello es preciso

conocer la relación existente entre la actividad excretada y la actividad incorporada. Dicha relación también se obtiene a partir de los modelos dosimétricos de ICRP que proporcionan en forma gráfica las denominadas “funciones de excreción”¹ que representan la fracción de la actividad incorporada que se excreta en orina, en función del tiempo transcurrido desde la incorporación.

La determinación del ²¹⁰Po (y en general de cualquier emisor α) en orina supone un proceso muy complejo y laborioso, habida cuenta de las precauciones que hay que adoptar para, en primer lugar, conseguir una muestra homogénea y con espesor suficientemente pequeño como para evitar fenómenos de autoabsorción que perjudicarían al proceso de detección, disminuyendo su eficiencia; y, en segundo lugar, conseguir que los procesos físicos y químicos que se utilizan para separar y concentrar el elemento a analizar no provoquen unas pérdidas del mismo que hagan inviable dicho análisis.

El método utilizado en España para la determinación del ²¹⁰Po en orina ha sido puesto a punto por el Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) y se basa en la utilización de sistemas de espectrometría α ; dicho método hace uso de la propiedad que presenta el polonio (en solución ácida) de depositarse espontáneamente sobre una placa de plata, como consecuencia de su mayor potencial de ionización. El método desarrollado por el Ciemat comprende cuatro etapas:

1. Evaporación hasta casi sequedad (a 90°C) de una mezcla de orina y de ácido nítrico, disolviendo el residuo con ácido clorhídrico y evaporando de nuevo hasta sequedad.

¹En la publicación n° 78 de la ICRP se recogen las funciones de excreción para los radionucleidos más habituales en el ámbito de la exposición ocupacional a radiaciones. La función de excreción para el Po-210 se obtiene a partir de los datos que, en relación con la biocinética de este elemento, se presentan en la publicación n° 67 de ICRP.

2. Disolución del residuo generado con ácido clorhídrico, añadiendo a la disolución clorhidrato de hidroxilamina, citrato sódico y sal de bismuto.

3. Calentamiento al baño maría (90°C) durante tres horas de la solución obtenida (diluida con agua desionizada) en una célula de auto-deposición que incorpora un disco de plata.

4. Obtención del espectro α del disco de plata mediante un sistema de detección de silicio del tipo PIPS (*Passivated Implanted Planar Silicon*).

Con objeto de valorar las eventuales pérdidas de ²¹⁰Po que se pudieran producir durante estos procesos de separación y concentración, se utiliza ²⁰⁹Po como trazador, añadiéndose una cantidad conocida del mismo a la muestra de orina, previamente a su evaporación. La medida mediante espectrometría α de este ²⁰⁹Po permitirá valorar el rendimiento global del proceso.

La realización de los procesos asociados a este método de análisis viene a durar en torno a una semana (invirtiéndose aproximadamente tres días en la obtención del espectro α). Con este método se consiguen umbrales de detección en torno a 11-15 milibequerios por litro (mBq/l), valores que se pueden considerar suficientes si se tiene en cuenta que, con motivo del caso Litvinenko, la Agencia de Protección Sanitaria del Reino Unido (HPA) ha establecido que valores por debajo de 20 mBq/l no tienen relevancia radiológica. De hecho, para aquellas personas cuyas muestras de orina presentan valores de ²¹⁰Po por debajo de dicho valor, la HPA no realiza evaluación de dosis alguna. Hay que señalar al respecto que, ya sea por causas naturales o por el hábito del tabaco, las concentraciones de ²¹⁰Po en orina en personas no afectadas por incidente radiológico alguno oscilan entre 3 y 10 mBq/l.

Esta técnica presenta el inconveniente de que, en el caso de que

una persona presentara niveles elevados de ²¹⁰Po en su organismo, se tardaría una semana en detectarlos. Para obviar este inconveniente el Ciemat ha desarrollado un segundo método (rápido) de análisis que hace uso de técnicas de centelleo líquido. Los análisis realizados mediante este segundo método vienen a durar unas 12 horas, aunque a costa de unos umbrales de detección (en torno a 6.500 mBq/l) considerablemente más altos que los obtenidos mediante espectrometría α . La utilidad de este método radica en que, con un tiempo de análisis relativamente corto, posibilita la detección de contaminaciones elevadas de ²¹⁰Po, lo que permitiría aplicar con prontitud las medidas terapéuticas que resulten pertinentes (adición de quelantes, etc.) para acelerar la eliminación biológica del contaminante, aspecto importante ya que, en general, las medidas terapéuticas para acelerar la eliminación biológica de contaminantes radiactivos resultan tanto más eficaces cuanto más pronto se adopten.

Hay que señalar por último que en el proceso de recogida de las muestras de orina sobre las que se van a aplicar estos dos métodos hay que tener en cuenta una serie de requisitos:

1. Las muestras deben corresponder a la micción de 24 horas, que preferentemente abarcará desde la primera orina de la mañana hasta la primera orina del día siguiente.

2. Con objeto de evitar que la muestra se altere como resultado de un desarrollo bacteriano, debe acidificarse con ácido nítrico concentrado (60%).

3. Con objeto de asegurar que la muestra recogida corresponde a la micción de 24 horas, debe someterse a una determinación de creatinina. Esta determinación permite asimismo expresar el resultado del análisis (mBq/l) en términos de actividad excretada en 24 horas (mBq/día). 

✉ Miguel Barrachina Gómez*

La utilización del polonio-210 como veneno

El empleo del polonio-210 como veneno es una noticia alarmante, al no existir precedentes conocidos, sobre la aplicación de isótopos radiactivos en tejidos vivos. El autor del siguiente artículo, miembro de la

Real Academia de Doctores de España y especializado en el tema, presenta unos interesantes comentarios al respecto con el objetivo de delimitar el alcance del envenenamiento desde una perspectiva científica.

La muerte en Londres del ex espía y disidente ruso Alexander Litvinenko, por envenenamiento con polonio-210, ha sido el aldabonazo anunciador de la entrada en escena, de forma subrepticia, de una nueva clase de venenos, las sustancias radiactivas, que ha alarmado al mundo entero.

A continuación comentamos el núcleo central de esta noticia: el empleo del polonio-210 como veneno; es decir, como “sustancia que, incorporada a un ser vivo en pequeñas cantidades, es capaz de producir graves alteraciones funcionales, e incluso la muerte” (DRAE). El objetivo que se persigue con este comentario es delimitar el alcance del envenenamiento desde una óptica estrictamente científica.

El elemento polonio fue descubierto por Pierre y Marie Curie (julio, 1898) en el mineral pechblenda, donde se forma por desintegración espontánea del uranio. Años más tarde, cuando se esclareció la composición de los núcleos atómicos



► Laboratorio de Dosimetría Interna (Bioeliminación). © Ciemat.

(W. Heisenberg, 1932), se supo que lo que realmente habían descubierto los Curie era el isótopo ^{210}Po , en el que el ordinal 210 indica el número de partículas (suma de protones y neutrones) que hay en el núcleo de sus átomos.

Los elementos de la serie del uranio son todos radiactivos, por

hallarse en tránsito hacia la consecución de la estabilidad definitiva (que se alcanzará, finalmente, en un isótopo del plomo). En esta carrera, que nadie puede detener, estos átomos emiten radiaciones nucleares (α , β , y γ), que pueden causar daño biológico en los seres vivos; y, desde este punto de vista, el

*Miguel Barrachina Gómez es académico de la Real Academia de Doctores de España.

^{210}Po (emisor α puro) quizás sea el isótopo que reúna las condiciones óptimas para producir el máximo daño posible, sin que sea fácil su detección.

Los átomos del polonio-210, una vez separados de la serie radiactiva del uranio, son perecederos y están condenados a extinguirse siguiendo una ley de decrecimiento exponencial, cuyo parámetro característico es el periodo de semidesintegración, o tiempo que tiene que transcurrir para que el número inicial de sus átomos se reduzca a la mitad. En nuestro caso, este periodo es de 138 días, lo cual nos permite calcular, dada una actividad de partida, las cantidades remanentes de este isótopo que podremos usar a lo largo del tiempo.

El polonio-210 que no se vaya a utilizar se declarará “residuo radiactivo” y será confinado hasta que se extinga su radiactividad (unos diez periodos, casi cuatro años). Ésta ha sido, sin duda, la razón por la que el ataúd de Litvinenko era, internamente, un cofre de confinamiento, para evitar que puedan dispersarse los átomos de ^{210}Po remanentes.

En la desintegración del polonio-210 se emiten partículas α , semejantes a mini-proyectiles de muy corto alcance, que destruyen cuanto encuentran en su recorrido, el cual, en el caso de un tejido biológico, no serían más allá de dos o tres células (por cada α). Naturalmente, para que las alfas afecten a nuestros tejidos, los átomos del ^{210}Po habrán tenido que incorporarse previamente al organismo, que es el paso clave de todo envenenamiento (ingestión o inhalación). Por lo tanto, el polonio-210 que “sea externo” a nuestro organismo no ofrece peligro alguno, ya que las alfas no son capaces de atravesar el espesor de la piel, formado por varias capas de células superpuestas. Ello es aplicable, también, a las contaminaciones cutáneas (salvo que haya heridas).

En la primera mitad del siglo XX el polonio-210 se extraía de los

minerales de uranio, pero el procedimiento era extraordinariamente trabajoso y de muy escaso rendimiento. Para obtener 0,22 miligramos de ^{210}P había que procesar una masa de mineral equivalente a ≈ 3 toneladas de uranio. Las correspondientes

“Todos somos portadores de átomos de cuantos isótopos existen en la naturaleza, ya sean estables o radiactivos. Siempre seremos portadores de átomos de polonio-210, bien ingeridos de forma directa o generados por las trazas de uranio que hay en nuestro organismo.”

cantidades de ambos radionucleidos (3 t de ^{238}U y 0,22 mg de ^{210}Po) tienen la misma radiactividad¹, un curio (1 Ci), antigua unidad (ahora en desuso) equivalente a 37.000 millones de becquerelios, o de desintegraciones por segundo.

Si hacemos un ejercicio de libre especulación y suponemos que el organismo del señor Litvinenko estaba formado por 100 billones de células (10^{14} células), el envenenamiento con 1 Ci de polonio-210, supuesto uniformemente distribuido, destruiría (o lesionaría) todas sus células en menos de una hora, lo que le originaría la muerte con síndrome de irradiación aguda (colapso de

¹*Radiactividad* es un vocablo de doble uso semántico: por un lado, entre los especialistas, significa el fenómeno de la desintegración, reservando *actividad* para la medida de su magnitud; para el público es un término genérico que induce a confusión. Bien mirado, el público tiene razón; pero los especialistas, también, porque se cansan de repetir la raíz *radio-*, que alude al campo en el que están trabajando, cuando lo que les importa es la intensidad del fenómeno, es decir, la *actividad*. Tanto para unos como para otros, la unidad aceptada en el Sistema Internacional para expresar la magnitud *radiactividad* (o *actividad*) es el *becquerelio*.

sus principales sistemas biológicos, incluido el nervioso central, que es el más resistente). Como el señor Litvinenko estuvo lúcido —para lanzar el “yo acuso” contra Vladimir Putin—, incluso una semana antes de morir, cabe suponer que el veneno contenía una radiactividad sustancialmente menor (entre 0,01 Ci y 0,1 Ci), suficiente para hacer fallar otros sistemas críticos a más bajas dosis, como el gastrointestinal, que probablemente fue el que le llevó a la tumba. El valor real se deducirá con bastante aproximación a partir de la analítica forense de sus diversos órganos.

El polonio-210, usado en el caso que nos ocupa, seguro que no fue obtenido por el procedimiento antes descrito (polonio de origen natural), sino por el que ahora se emplea (que utiliza los neutrones de un reactor nuclear sobre el bismuto-209). Por esta vía (reacción nuclear), los rusos producen (regularmente) unos gramos de ^{210}Po , que exportan a los Estados Unidos, seguramente para mantener operativo el arsenal de cabezas nucleares (como iniciadores de la reacción de fisión en cadena).

Quienes no tenemos nada que ver con el asunto del polonio-210, tendemos a pensar que nuestro organismo está totalmente exento de átomos de este isótopo. Pero, ¡el mundo atómico es tan sutil!, que ello no es nunca totalmente cierto; todos somos portadores de átomos de cuantos isótopos existen en la naturaleza, ya sean estables o radiactivos. Así, siempre seremos portadores de algunos átomos de ^{210}Po , bien ingeridos directamente, bien generados a partir de las trazas de uranio que llevamos en el organismo. Naturalmente, esta pequeñísima carga orgánica radiactiva que todos llevamos, puede ser completamente inocua. Sólo será preocupante si supera la llamada carga orgánica máxima permisible, a partir de la cual será cierta la apodíctica sentencia de Paracelso (siglo XV): *dosis sola fecit venenum*. ¡Solo la dosis hace el veneno! ☹

 Anabel Cortés Blanco*

Radiofármacos PET de uso humano en España: pasado y presente

Los radiofármacos PET tienen la consideración legal de medicamentos en España desde 1990 y, por tanto, están sometidos al cumplimiento de toda la legislación farmacéutica. Debido a sus peculiares características y a su eficacia en la aplicación en el diagnóstico, las autoridades

sanitarias españolas han considerado necesario autorizar su uso para seres humanos. Este artículo resume las actuaciones que se han realizado hasta el momento en lo referente a la regulación y autorización, y su rápida expansión en el sistema sanitario español.

Tras una breve introducción a la tomografía por emisión de positrones (conocida por su acrónimo inglés PET) y a su implantación en España, se expone la actuación que la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) ha realizado hasta el momento referente a la regulación y autorización como medicamentos de los radiofármacos PET de uso humano. Además, se concreta la situación administrativa de los radiofármacos PET como medicamentos en España.

No se hace referencia a la normativa aplicable a la producción y control de los radiofármacos PET

de uso humano, ni a la situación administrativa de los centros fabricantes de los mismos.

El contenido e información del presente artículo tiene una finalidad exclusivamente divulgativa.

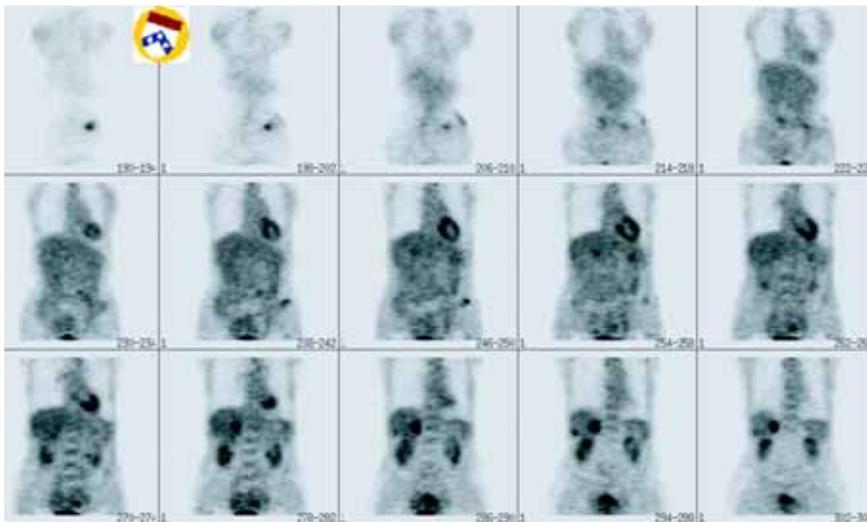
1. Introducción a la tomografía por emisión de positrones

La PET es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas y tridimensionales tras la administración de un radiofármaco emisor de positrones (radiofármaco PET). Es posible conseguir imágenes del flujo sanguíneo, consumo de oxígeno, metabolismo de glucosa y proteínas, transporte de aminoácidos, división celular, así como detectar los cambios bioquímicos relacionados con la enfermedad mucho antes de que aparezcan alteraciones anatómicas visualizables.

Esta técnica, conocida desde hace décadas, se utilizó inicialmente sólo en investigación para el estudio de la fisiología humana. Su aplicación clínica se ha producido en los últimos 20 años debido a los avances en los aparatos de detección y la evidencia clínica ha incrementado espectacularmente en pocos años. Utilizada en situaciones para las que ha demostrado utilidad clínica, la PET puede facilitar diagnósticos muy precoces, sustituir a otros métodos diagnósticos y evitar procedimientos invasivos innecesarios.

La técnica PET requiere un sistema de producción del radionucleido emisor de positrones (generalmente un ciclotrón, o un generador en algunos casos), una unidad donde los radionucleidos emisores de positrones se incorporan a moléculas más complejas para así obtener un radiofármaco PET, una cámara

* Anabel Cortés Blanco es técnico y asesora clínica sobre radiofármacos y medicamentos diagnósticos de la Subdirección General de Medicamentos de Uso Humano. Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios.



● **Figura 1:** Imágenes de tomografía por emisión de positrones obtenidas tras la administración intravenosa de fludesoxiglucosa (^{18}F) en un paciente con metástasis hepática de carcinoma colorrectal (Cortesía del Dr. Hongming Zhuang y del Hospital de la Universidad de Pensilvania).

PET (una cámara específicamente diseñada para PET —cámara PET dedicada—, una gammacámara adaptada para adquirir imágenes PET —cámara de coincidencia—, o una cámara PET-TAC) y sofisticados equipos informáticos que permiten el almacenamiento de los datos, y la reconstrucción y visualización de las imágenes. Todo ello manejado por personal muy especializado.

El número de radiofármacos PET que se pueden fabricar es elevado teniendo en cuenta que cualquier sustancia que contenga en su molécula algún átomo de O, C o N puede convertirse en un radiofármaco PET al sustituir éste por oxígeno-15 (^{15}O), carbono-11 (^{11}C) o nitrógeno-13 (^{13}N), respectivamente. Además, otras muchas moléculas son fácilmente fluoradas con flúor-18 (^{18}F). Sin embargo, sólo pocos radiofármacos PET son utilizados en la práctica clínica. La fludesoxiglucosa (^{18}F) es el radiofármaco PET de mayor uso clínico a nivel mundial.

La PET es una tecnología cara. Sin embargo, es posible abaratar costes instalando sólo la cámara PET, lo que obliga a adquirir los radiofármacos PET a proveedores externos. Esto tiene sus peculiaridades logísticas, porque los radiofármacos

PET tienen generalmente un periodo de validez muy breve ya que se marcan con radionucleidos emisores de positrones de vida corta (desde unos segundos hasta pocas horas, según los casos), lo que condiciona la proximidad geográfica y/o temporal que puede mediar entre el centro donde se fabrica el radiofármaco PET y el centro donde se administra al paciente.

2. Implantación de la tecnología PET en España

Desde su implantación en España en 1995, esta tecnología se ha expandido rápidamente en el sistema sanitario español. Actualmente existen alrededor de 48 cámaras PET y 11 ciclotrones en funcionamiento o próxima apertura. Los avances en los equipos de adquisición de imágenes han sido espectaculares. Cabe resaltar la reciente implantación de equipos híbridos PET-TAC, que suponen ya un 50% del total de cámaras PET existentes en España. Dichos equipos permiten realizar simultáneamente ambos tipos de exploraciones y así obtener una imagen funcional y otra anatómica del mismo paciente en un solo proceso.

Previamente a la inclusión generalizada de la tecnología PET

como prestación farmacéutica en el Sistema Nacional de Salud, el Pleno del Consejo Interterritorial del mismo acordó en 1999 incluirla entre las técnicas y procedimientos sometidos al uso tutelado. El Ministerio de Sanidad y Consumo, a través de la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del Instituto de Salud Carlos III, implantó el uso tutelado de la PET con fludesoxiglucosa (^{18}F) en España en 2002 para llevar a cabo su utilización bajo tutela durante un periodo de tiempo, en determinados centros y conforme a un protocolo de uso en indicaciones muy concretas. Su objetivo fue recoger información relevante para valorar la eficacia y efectividad de esta tecnología respecto a los procedimientos diagnósticos habituales así como su utilidad e impacto clínicos (Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, 2005).

Tras concluir dicho uso tutelado, el Sistema Nacional de Salud ha incluido en su catálogo de prestaciones la PET y PET-TAC en indicaciones oncológicas de acuerdo con las especificaciones de la ficha técnica autorizada del correspondiente radiofármaco a través del *Real Decreto 1030/2006, de 15 de septiembre, por el que se Establece la cartera de servicios comunes del Sistema Nacional de Salud y el procedimiento para su actualización*. La ficha técnica de un radiofármaco PET es un documento aprobado por la AEMPS que refleja sus condiciones de uso autorizadas y sintetiza la información científica esencial para los profesionales sanitarios. La AEMPS pone la ficha técnica actualizada a disposición de los servicios de salud de las comunidades autónomas, los colegios u organizaciones profesionales, y los médicos, odontólogos y farmacéuticos en ejercicio. El titular de la autorización está obligado, por su parte, a ponerla a disposición de las administraciones sanitarias y de los profesionales.

3. Actuación de la AEMPS en la regulación y autorización del uso humano de los radiofármacos PET

La fabricación, dispensación y distribución de radiofármacos PET de uso humano no ha estado exenta de problemática desde que se implantó la tecnología PET en España. Por su parte, las autoridades sanitarias españolas han hecho un esfuerzo exagerado con el fin de clarificar e informar sobre la situación legal de los radiofármacos PET debido a sus peculiaridades características.

En enero de 1996, el Committee for Proprietary Medicinal Products de la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) circuló un documento informativo titulado *PET radiopharmaceuticals in Europe*, propiciado por los avances en la tecnología PET. Meses más tarde, España propuso a dicho Comité circular un cuestionario que había elaborado para conocer la situación regulatoria de los radiofármacos PET en los demás Estados Miembros de la Unión Europea que resultó ser variopinta. El panorama cambió en la Unión Europea con la autorización y registro de la fludesoxiglucosa (^{18}F), como especialidad farmacéutica previamente a su comercialización, por las autoridades sanitarias en Francia y Alemania a finales de los años noventa. Actualmente radiofármacos compuestos por fludesoxiglucosa (^{18}F) están registrados para su uso humano en la mayoría de los Estados Miembros que integraban la Unión Europea antes de su ampliación en 2005, para determinadas indicaciones oncológicas, cardiológicas y neurológicas.

Debido a las numerosas consultas que se planteaban desde todos los ámbitos, y con el fin de evitar que se produjesen interpretaciones divergentes sobre el marco legal aplicable a los radiofármacos PET, la Subdirección General de Medicamentos de Uso Humano de la actual AEMPS reunió a las

sociedades científicas pertinentes y otras partes implicadas en enero de 2001. En aquel momento los radiofármacos PET de uso humano, como los radiofármacos en general, estaban regulados por la *Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento*, y por el *Real Decreto 479/1993 de 2 de abril, por*

“La PET es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas y tridimensionales tras la administración de un radiofármaco emisor de positrones (radiofármaco PET).”

el que se Regula los medicamentos radiofármacos de uso humano, que transponían la *Directiva 89/343/CEE, de 3 de mayo de 1989, por la que se Amplía el ámbito de aplicación de las directivas 65/65/CEE y 75/318/CEE y se adoptan disposiciones complementarias sobre radiofármacos*. Dicha normativa consideraba a los radiofármacos como medicamentos, y exigía que para su puesta en el mercado obtuvieran la previa autorización de comercialización de la Agencia Española del Medicamento e inscripción en el registro de Especialidades Farmacéuticas o autorización de la EMA, de conformidad con el reglamento (CEE) n° 2309/93. Como vía alternativa, y teniendo en cuenta las características peculiares de los radiofármacos PET, se estudió permitir a estos acogerse a la figura de preparado o fórmula oficial, según lo previsto en los artículos 8.10 y 36 de la *Ley 25/1990*, cumpliendo unos requisitos preestablecidos. La situación cambió a partir de la publicación del Formulario Nacional por Orden SCO/3262/2003, de 18 de noviembre, sin incluir monografía alguna de un radiofármaco PET y, por tanto, es imposible que los radiofármacos PET opten por la vía

alternativa del preparado o fórmula oficial.

Por otro lado, la utilización de un radiofármaco PET no autorizado como especialidad farmacéutica o como preparado oficial, en condiciones de uso distintas a las autorizadas, requería actuar conforme a lo previsto en el *Real Decreto 561/1993, de 16 de abril, por el que se Establecían los requisitos para la realización de ensayos clínicos con medicamentos*.

La Subdirección General de Medicamentos de Uso Humano de la AEMPS creyó interesante informar a los profesionales sanitarios sobre la situación administrativa y la normativa aplicable a los radiofármacos de uso humano, incluyendo los radiofármacos PET. Con la colaboración del Área Jurídica de la Agencia, dicha Subdirección publicó que, en España, los radiofármacos tenían la consideración de medicamentos y debían someterse a un procedimiento de registro para poder ser legalmente comercializados y utilizados (Cortés-Blanco y Esteban Gómez, 2003), y que toda administración de un radiofármaco a un sujeto en el marco de un proyecto de investigación médica o biomédica debía someterse a la normativa aplicable a los ensayos clínicos (Cortés-Blanco y colaboradores, 2004).

La modificación de la normativa europea aplicable a los medicamentos de uso humano, ha obligado a la AEMPS a revisar la normativa española vigente. La *Ley 29/2006, de 26 de julio, de Garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios*, deroga la *Ley 25/1990*, y sus preceptos en materia de radiofármacos serán desarrollados en un nuevo real decreto en el que se incorporará de forma oportuna el *Real Decreto 479/1993* actualmente vigente. A su vez el *Real Decreto 223/2004, por el que se Regulan los ensayos clínicos con medicamentos* derogó el *Real Decreto 561/1993*.

La Subdirección General de Medicamentos de Uso Humano de

la AEMPS puso recientemente en conocimiento de las sociedades científicas pertinentes y otras partes implicadas, con motivo de su participación en las III Jornadas del Grupo PET de la Sociedad Española de Medicina Nuclear, la situación administrativa actual de los radiofármacos PET como medicamentos. Ésta se amplía más adelante en este artículo. Esta Subdirección aprovechó la ocasión para informar a los asistentes de que, conforme a la Ley 29/2006, todos los profesionales que presten sus servicios en el Sistema Nacional de Salud, o en el sistema público de investigación científica y desarrollo tecnológico español, tienen el derecho a participar y el deber de colaborar con las administraciones sanitarias en la evaluación y control de medicamentos y productos sanitarios.

Hasta noviembre de 2006, la AEMPS ha autorizado la comercialización en España de un total de nueve radiofármacos PET de uso humano. Todos ellos están compuestos por el mismo principio activo —la fludesoxiglucosa (^{18}F)—, sólo para uso diagnóstico y administración exclusivamente intravenosa, y son medicamentos sujetos a prescripción médica y uso hospitalario. Sus condiciones autorizadas de uso (indicaciones, posología, contraindicaciones, advertencias y precauciones de uso, etc.) se han armonizado, gracias a un largo proceso realizado por la AEMPS, para estar en consonancia con las especificaciones de uso recomendadas por el Grupo de Reconocimiento Mutuo de la EMEA para los radiofármacos compuestos fludesoxiglucosa (^{18}F) (Cortés-Blanco, 2006). Además, la AEMPS ha autorizado radiofármacos PET de principios activos diferentes para uso humano en ensayos clínicos, concretamente para uso diagnóstico y administración exclusivamente intravenosa.

La AEMPS siempre ha sido consciente de que los radiofármacos PET son medicamentos con

muchas peculiaridades, y las tiene en cuenta en la evaluación previa a su autorización para uso clínico, uso compasivo y/o uso en ensayos clínicos. Entre ellas cabe destacar su carácter radiactivo, como el de cualquier radiofármaco, y su corto periodo de semidesintegración que condiciona la distribución de los

“Hasta noviembre de 2006, la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) ha autorizado la comercialización en España de un total de nueve radiofármacos PET de uso humano.”

mismos desde los lugares de fabricación a los centros donde se administran a los pacientes (no tanto para los radiofármacos marcados con flúor-18 que pueden utilizarse en lugares alejados incluso seis horas del ciclotrón que los fabrica).

4. Situación administrativa de los radiofármacos PET como medicamentos en España

Se comenta la legislación sanitaria que es aplicable a los radiofármacos PET en España en tanto en cuanto son medicamentos, centrándose exclusivamente en la regulación de la investigación clínica, evaluación, autorización y registro de los radiofármacos PET de uso humano. Todo ello sin perjuicio de lo dispuesto por la legislación sobre protección contra las radiaciones de las personas sometidas a exámenes o tratamientos médicos con radiofármacos PET o sobre protección de la salud pública y de los trabajadores. No se hace mención a la situación administrativa y normativa aplicable a los centros fabricantes de radiofármacos PET.

Hasta el 27 de julio de 2006, los radiofármacos en general, y por

tanto también los radiofármacos PET, estaban regulados por la Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento (sección VI, artículos 51, 52 y 53). Esta ley otorgó a los radiofármacos por primera vez en España la consideración de medicamentos, sometiéndolos por tanto al cumplimiento de toda la legislación farmacéutica como el resto de los medicamentos. Para desarrollar los preceptos de esta ley en materia de radiofármacos y trasponer la Directiva 89/343/CEE, se publica en nuestro país el Real Decreto 479/1993, de 2 de abril por el que se Regulan los medicamentos radiofármacos de uso humano. Para la utilización de un radiofármaco no autorizado o en condiciones de uso distintas a las autorizadas, se debía actuar conforme a lo previsto en el Real Decreto 561/1993, de 16 de abril, por el que se Establecían los requisitos para la realización de ensayos clínicos con medicamentos, que fue posteriormente derogado por el Real Decreto 223/2004, por el que se Regulan los ensayos clínicos con medicamentos.

Desde el 28 de julio de 2006 los radiofármacos en general, y por tanto también los radiofármacos PET, están regulados por la Ley 29/2006, de 26 de julio, de Garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, que deroga la Ley 25/1990 y:

— Transpone la Directiva 2004/27/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, que modifica la Directiva 2001/83/CE, por la que se Establece un código comunitario sobre medicamentos de uso humano.

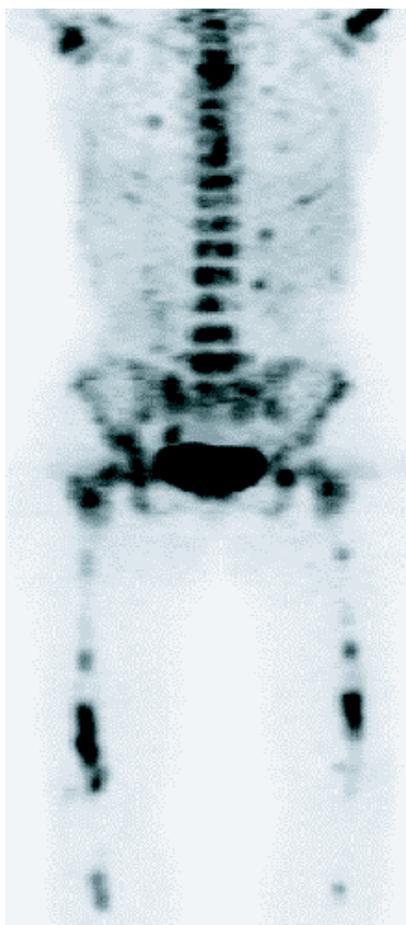
— Asegura la armonización de nuestra normativa con el Reglamento (CE) nº 726/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 31 de marzo de 2004 por el que se Establecen los procedimientos comunitarios para la autorización y el control de los medicamentos de uso humano y veterinario y por el que se crea la Agencia Europea de Medicamentos.

Esta normativa es aplicable a los radiofármacos PET de uso humano por su consideración de medicamentos de uso humano producidos industrialmente. La aplicación del concepto de producción industrial al proceso de fabricación de los radiofármacos PET de uso humano es indiscutible porque, independientemente de la cantidad de producto fabricado en un proceso o serie de procesos determinados, este proceso o procesos se realizan bajo condiciones constantes y el producto obtenido es homogéneo. Otras terapias tan novedosas como los medicamentos de terapia celular son un claro ejemplo para ilustrar la aplicación del concepto de fabricación industrial a los medicamentos especiales. También los “medicamentos huérfanos” y los “medicamentos sin interés comercial” son elaborados bajo el concepto de producción industrial aun cuando se elaboren en pequeña cuantía.

La Ley 29/2006 regula la investigación clínica, evaluación, autorización, registro, fabricación, elaboración, control de calidad, almacenamiento, distribución, circulación, trazabilidad, comercialización, información y publicidad, importación y exportación, prescripción y dispensación, y seguimiento de la relación beneficio-riesgo de los medicamentos de uso humano en general, y por tanto también de los radiofármacos PET.

Como garantía de defensa de la salud pública, la Ley 29/2006 prohíbe la elaboración, fabricación, importación, exportación, distribución, comercialización, prescripción y dispensación de productos, preparados, sustancias o combinaciones de las mismas, que se presenten como medicamentos sin estar legalmente reconocidos como tales. También se prohíbe la promoción, publicidad o información destinada al público de los mismos. A efectos de la aplicación de la Ley, los medicamentos legalmente reconocidos son los siguientes:

a) Los medicamentos de uso humano y de uso veterinario elaborados industrialmente o en cuya



● **Figura 2:** Imagen de tomografía por emisión de positrones obtenida tras la administración intravenosa de fludeoxiglucosa (^{18}F). Se observan múltiples áreas de captación del radiofármaco en columna vertebral, parrilla costal, pelvis y extremidades que corresponden a metástasis óseas (Cortesía del Dr. Hongming Zhuang y del Hospital de la Universidad de Pensilvania).

fabricación intervenga un proceso industrial.

- b) Las fórmulas magistrales.
- c) Los preparados oficinales.
- d) Los medicamentos especiales previstos en esta ley.
- e) Las sustancias o combinaciones de sustancias autorizadas para su empleo en ensayos clínicos o para investigación en animales.

Los radiofármacos PET se consideran legalmente como medicamentos de uso humano elaborados industrialmente o en cuya fabricación intervenga un proceso industrial. Por un lado, cumplen con la definición de “medicamentos de uso humano” establecida en la

Ley 29/2006 que los define como “toda sustancia o combinación de sustancias que se presente como poseedora de propiedades para el tratamiento o prevención de enfermedades en seres humanos o que pueda usarse en seres humanos o administrarse a seres humanos con el fin de restaurar, corregir o modificar las funciones fisiológicas ejerciendo una acción farmacológica, inmunológica o metabólica, o de establecer un diagnóstico médico.”. Como se explica anteriormente, el concepto de “elaboración industrial o fabricación en que intervenga un proceso industrial” debe aplicarse al proceso de fabricación de los radiofármacos PET porque, independientemente de la cantidad de producto fabricado en un proceso o serie de procesos determinados, este proceso o procesos se realizan bajo condiciones constantes y el producto obtenido es homogéneo.

Los radiofármacos PET como medicamentos para uso humano elaborados industrialmente o en cuya fabricación intervenga un proceso industrial deben cumplir, conforme a la Ley 29/2006, entre otros los siguientes requisitos:

— Antes de su puesta en el mercado debe contar con la previa autorización de la AEMPS e inscripción en el Registro de Medicamentos, o la previa autorización de la EMEA de conformidad con lo dispuesto en las normas europeas que establecen los procedimientos comunitarios para la autorización y control de los medicamentos de uso humano. Cuando un medicamento haya obtenido una autorización de acuerdo con lo anterior, toda dosificación, forma farmacéutica, vía de administración y presentaciones adicionales, así como cualesquiera otras modificaciones y ampliaciones que se introduzcan, deberán ser objeto de autorización. Este requisito se mantiene de la Ley 25/1990.

— Para obtener la autorización de la AEMPS, así como la autorización de las modificaciones que se produzcan en su autorización, debe satisfacer las siguientes garantías

durante toda la vida del medicamento:

- a) Alcanzar los requisitos de calidad que se establezcan.
- b) Ser seguro y no producir, en condiciones normales de utilización, efectos tóxicos o indeseables desproporcionados al beneficio que procura.
- c) Ser eficaz en las indicaciones terapéuticas para las que se ofrece.
- d) Estar correctamente identificado.
- e) Suministrar la información precisa, en formato accesible y de forma comprensible por el paciente, para su correcta utilización.

La derogada Ley 25/1990 creaba un sistema de garantías en relación con la autorización de medicamentos, incluyendo los radiofármacos, estableciendo la exigencia de garantía de calidad, seguridad y eficacia de los mismos. La Ley 29/2006 amplía y refuerza este sistema de garantías exigiendo garantías de calidad, seguridad, eficacia, identificación e información.

— Se contempla la posibilidad de que las autoridades sanitarias españolas concedan autorizaciones especiales, en ciertos casos con carácter excepcional. Entre estos casos se incluyen la prescripción y la aplicación de medicamentos no autorizados a pacientes no incluidos en un ensayo clínico con el fin de atender como uso compasivo necesidades especiales de tratamientos de situaciones clínicas de pacientes concretos, y la prescripción de medicamentos autorizados cuando se utilicen en condiciones distintas a las autorizadas.

La Ley 29/2006 no permite el uso humano, sin evaluación y autorización previa por parte de la AEMPS, de los radiofármacos PET acogiéndose a la figura de fórmula magistral. La fórmula magistral se define como “el medicamento destinado a un paciente individualizado, preparado por un farmacéutico, o bajo su dirección, para cumplimentar expresamente una prescripción

facultativa detallada de los principios activos que incluye, según las normas de correcta elaboración y control de calidad establecidas al efecto, dispensado en oficina de farmacia o servicio farmacéutico y con la debida información al usuario en los términos previstos en el artículo 42.5.” Entre los requisitos de las fórmulas magistrales, reco-

“La Ley 29/2006 prohíbe la elaboración, fabricación, importación, exportación, distribución, comercialización, prescripción y dispensación de productos, preparados, sustancias o combinaciones de éstas, que se presenten como medicamentos sin estar legalmente reconocidos como tales.”

gidos en el artículo 42 de la ley, figura que deben ser preparadas con sustancias de acción e indicación reconocidas legalmente en España, de acuerdo con el artículo 44.1 de dicha ley y según las directrices del Formulario Nacional. Sin embargo, la primera edición del Formulario Nacional, publicada por Orden SCO/3262/2003 y actualmente en vigor, no incluye ninguna monografía de un radiofármaco PET. Por otro lado, la formulación magistral de sustancias o medicamentos no autorizados en España requiere legalmente autorización especial por parte de la AEMPS.

Los radiofármacos PET no pueden considerarse legalmente como preparados oficinales, conforme a la Ley 29/2006, definidos como “aquel medicamento elaborado según las normas de correcta elaboración y control de calidad establecidas al efecto y garantizado por un farmacéutico o bajo su dirección, dispensado en oficina

de farmacia o servicio farmacéutico, enumerado y descrito por el Formulario Nacional, destinado a su entrega directa a los enfermos a los que abastece dicha farmacia o servicio farmacéutico.” El Formulario Nacional no incluye ninguna monografía de un radiofármaco PET.

Los radiofármacos PET, como cualquier radiofármaco, tienen la consideración legal de “medicamentos especiales” conforme a la Ley 29/2006, al igual que lo tenían en la Ley 25/1990, entendiéndose como tales a “aquellos medicamentos que por sus características particulares requieren una regulación específica”. Su regulación específica se recoge actualmente en el artículo 48 de la Ley 29/2006, y en el Real Decreto 479/1993 que está siendo revisado por la autoridad competente para aplicar los preceptos de la Ley 29/2006 y las directivas europeas vigentes.

Conforme al artículo 48.2 de la Ley 29/2006, y sin perjuicio de las demás obligaciones que vengan impuestas por disposición legal o reglamentaria, la fabricación industrial y la autorización y registro de los generadores de radionucleidos, equipos, radionucleidos precursores y radiofármacos requerirá la autorización previa de la AEMPS, otorgada de acuerdo con los principios generales de dicha ley y según las exigencias y procedimientos que reglamentariamente se establezcan. Dicha autorización no será exigida para la preparación extemporánea de un radiofármaco, según unas condiciones establecidas entre las que se incluye realizarla exclusivamente a partir de generadores, equipos reactivos y precursores autorizados y con arreglo a las instrucciones del fabricante tal y como recogen Ley 29/2006, Real Decreto 479/1993 y la Directiva 2001/83/CE. Sin embargo, un radiofármaco PET no puede encuadrarse, hoy por hoy, en el concepto de preparación extemporánea sino en el de radiofármaco según la normativa vigente.

La nueva Ley 29/2006 presenta una novedad frente a la *Ley del Medicamento 25/1990* en lo que se refiere a los radiofármacos PET, en cuanto a que abre la posibilidad de no exigir la autorización previa de la AEMPS para la fabricación industrial y la autorización y registro de los radiofármacos PET si se preparan en una unidad de radiofarmacia autorizada, bajo la supervisión y control de un facultativo especialista en radiofarmacia, y en las condiciones y con los requisitos determinados reglamentariamente (artículo 48.5). Por tanto, debe desarrollarse un reglamento futuro para determinar estos requisitos, teniendo siempre en cuenta que la evaluación previa a la autorización de cualquier medicamento es indispensable para asegurar que su uso humano se realizará en condiciones que cumplen las garantías de calidad, seguridad, eficacia, identificación e información que exige la normativa española y comunitaria.

Cuando la forma farmacéutica de un principio activo que sea un radiofármaco PET se investigue o utilice como referencia en un ensayo clínico, incluidos los productos

con autorización cuando se utilicen o combinen (en la formulación o en el envase) de forma diferente a la autorizada, o cuando se utilicen para tratar una indicación no autorizada, o para obtener más información sobre un uso autorizado, este radiofármaco PET tiene la consideración

“Debe desarrollarse un reglamento futuro teniendo en cuenta que la evaluación previa a la autorización de cualquier medicamento es indispensable para asegurar que, su uso humano, cumple con las garantías que exige la normativa española y comunitaria.”

legal de “medicamento en investigación” y le es de aplicación la Ley 29/2006. Por tanto, los ensayos clínicos con medicamentos en investigación —incluyendo los radiofármacos PET— estarán sometidos al

régimen de autorización previa por la AEMPS para garantizar dicha investigación, conforme al procedimiento reglamentariamente establecido que actualmente es el *Real Decreto 223/2004, de 6 de febrero, por el que se Regulan los ensayos clínicos con medicamentos*.

En conclusión, la normativa vigente considera que los radiofármacos PET en España:

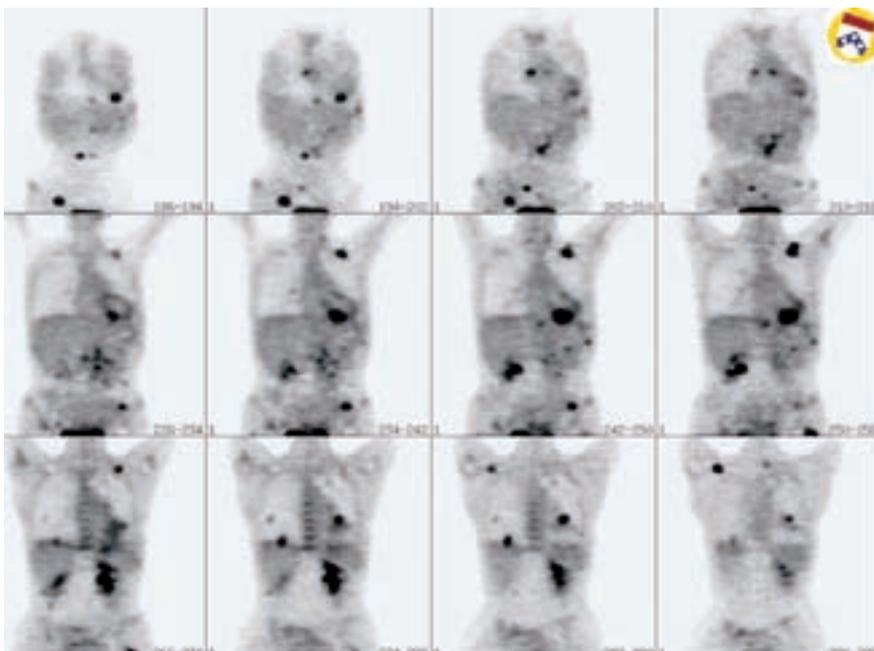
1. Son medicamentos elaborados industrialmente o en cuya fabricación interviene un proceso industrial. Por tanto, deben contar con la autorización previa de las autoridades sanitarias para su uso humano, conforme a las normas establecidas, tras haber demostrado garantías de calidad, seguridad, eficacia, identificación e información.

2. No pueden utilizarse en humanos sin la evaluación y autorización previas de las autoridades sanitarias acogiéndose a la figura de fórmula magistral.

3. No pueden acogerse a la figura de preparado oficial, aunque se administren a los pacientes en el mismo centro donde se fabrican, porque no aparecen en el Formulario Nacional.

4. Están considerados como medicamentos especiales, concretamente cumplen la definición de radiofármaco lo que les obliga a contar con autorización previa de la AEMPS para su uso humano. La Ley 29/2006 crea la posibilidad de no exigir la autorización previa de la AEMPS para la fabricación industrial y la autorización y registro de los radiofármacos PET bajo unas condiciones y requisitos que, en su caso, se determinarían reglamentariamente y teniendo siempre en cuenta que la evaluación previa a la autorización de cualquier medicamento es indispensable para asegurar que su uso humano se realizará en condiciones que cumplen las garantías de calidad, seguridad, eficacia, identificación e información que exige la normativa española y comunitaria.

5. Cuando se investiguen o utilicen como referencia en un



► **Figura 3:** Imágenes de tomografía por emisión de positrones obtenidas tras la administración intravenosa de fludesoxiglucosa (^{18}F) en un paciente con linfoma no Hodgkin (Cortesía del Dr. Hongming Zhuang y del Hospital de la Universidad de Pensilvania).

ensayo clínico tienen la consideración de medicamento en investigación. Todo ensayo clínico con medicamentos en investigación debe someterse al régimen de autorización previa por la AEMPS para garantizar dicha investigación, conforme al procedimiento reglamentariamente establecido.

Agradecimientos

Principalmente mi agradecimiento a Julia Esteban Gómez, pionera en la evaluación clínica de los radiofármacos PET de uso humano en España, por su arduo e intenso trabajo durante años en la regulación de los mismos.

Agradezco el asesoramiento técnico ofrecido por mis compañeros

de la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios para clarificar la situación administrativa actual de los radiofármacos PET de uso humano, muy especialmente a Natividad Calvente Cestafe quien amablemente ha compartido sus conocimientos y experiencia sobre la regulación de las terapias avanzadas en la Unión Europea y en nuestro país. También mi mención para Marisa Tarno Fernández, M^a Antonia Serrano Castro, M^a Luisa Suárez Gea y M^a Carmen de la Cruz Moreno.

Al Área Jurídica de la AEMPS por su permanente disposición y trascendental aportación para clarificar la situación administrativa

de los radiofármacos PET de uso humano en España y su regulación durante años, así como por el continuo asesoramiento jurídico que nos han ofrecido en esta materia. Entre ellos una mención especial a Ismael Fernández, Maite Acero y Remedios Avilés.

A Isabel Prieto Yerro agradezco su constante disponibilidad para trabajar conjuntamente durante años en la evaluación del uso humano de los radiofármacos PET en España.

Y a Emilio Vargas Castrillón por su excelente disposición y gestión como subdirector para regular y evaluar los radiofármacos PET de uso humano en España en la actualidad. 

Referencias

— "Uso tutelado de la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) con 18FDG". Rodríguez Garrido, M; Asensio del Barrio, C. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS), Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid: AETS - Instituto de Salud Carlos III. Noviembre de 2005.

— "Radiofármacos de uso humano: marco legal e indicaciones clínicas autorizadas en España". Cortés-Blanco, A; Esteban Gómez, J. *Seguridad Nuclear*, n.º. 26 (I trimestre 2003); págs. 5-15. (Fe de erratas en *Seguridad Nuclear*, n.º. 31).

— "Limitación de la dosis de radiaciones para los participantes en programas de investigación médica o biomédica con radiofármacos: normativa aplicable en España". Cortés-Blanco, A; Fernández Pérez, I; Esteban Gómez, J. *Seguridad Nuclear*, n.º. 31 (II trimestre 2004); págs. 7-14.

— "Especificaciones actuales de la ficha técnica de los radiofármacos compuestos de fludesoxiglucosa (¹⁸F) autorizados para comercialización en España". Cortés-Blanco, A. *Seguridad Nuclear*, n.º. 40 (III trimestre 2006); págs. 21-28.

— *Directiva 89/343/CEE del Consejo, de 3 de mayo de 1989, por la que se Amplía el*

ámbito de aplicación de las directivas 65/65/CEE y 75/319/CEE y por la que se adoptan disposiciones complementarias sobre radiofármacos (DO L 142 de 25/5/1989, pág. 16).

— *Directiva 2001/83/CE del Parlamento y del Consejo, por la que se Establece un código comunitario sobre medicamentos para uso humano* (DO L 311 de 28/11/2001, págs. 67-128).

— *Directiva 2004/27/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, que modifica la Directiva 2001/83/CE por la que se Establece un código comunitario sobre medicamentos de uso humano*. (DO L 136 de 30/4/2004, págs. 34-57).

— *Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento* (BOE n.º. 306 de 22/12/1990).

— *Ley 29/2006, de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios* (BOE n.º. 178 de 27/7/2006).

— *Orden SCO/3262/2003, de 18 de noviembre, por la que se aprueba el Formulario Nacional* (BOE n.º. 283 de 26/11/2003).

— *Real Decreto 479/1993, de 2 de abril, por el que se Regulan los medicamentos radiofarmacéuticos de uso humano* (BOE n.º. 109 de 7/5/1993).

— *Real Decreto 561/1993, de 16 de abril, por el que se Establecían los requisitos para la realización de ensayos clínicos con medicamentos* (BOE n.º. 114 de 13/5/1993).

— *Real Decreto 223/2004, de 6 de febrero, por el que se Regulan los ensayos clínicos con medicamentos* (BOE n.º. 33 de 7/2/2004).

— *Real Decreto 1030/2006, de 15 de septiembre, por el que se Establece la cartera de servicios comunes del Sistema Nacional de Salud y el procedimiento para su actualización* (BOE n.º. 222 de 16/9/2006).

— *Reglamento (CEE) n.º. 2309/93 del Consejo de 22 de julio de 1993 por el que se Establecen procedimientos comunitarios para la autorización y supervisión de medicamentos de uso humano y veterinario y por el que se crea la Agencia Europea para la Evaluación de Medicamentos* (DO n.º. L 214 de 24/8/1993, págs. 1-21).

— *Reglamento (CE) n.º. 726/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 31 de marzo de 2004 por el que se Establecen los procedimientos comunitarios para la autorización y el control de los medicamentos de uso humano y veterinario y por el que se crea la Agencia Europea de Medicamentos* (DO n.º. L 136, 30/4/2004 págs. 1 – 33).

Actualidad

- Centrales nucleares
- Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento
- Instalaciones radiactivas
- Acuerdos del Consejo
- Actuaciones en emergencias

● CENTRALES NUCLEARES

Almaraz

Durante todo el primer trimestre de 2007, ambas unidades han permanecido al 100% de potencia nuclear sin incidencias reseñables.

Se ha realizado una inspección a planta para revisar el Sistema de Evaluación y Acciones (SEA) destinado al control de hallazgos de la central.

Ascó

En la unidad I de la central, el día 10 de enero, a las 7:05 horas se produjo aislamiento de la ventilación de la sala de control por la actuación espuria del transmisor de radiación 1-TR2602. Se normalizó la ventilación de la sala de control después de comprobar que la señal de aislamiento era espuria —no corresponde a una situación real—, y que los niveles de radiación en la sala de control eran los habituales de fondo.

El día 26 de febrero, a las 9:18 horas, se produjo aislamiento de la ventilación del edificio de combustible por la actuación espuria del transmisor de radiación 1-TR2605. Se normalizó la ventilación del edificio después de comprobar que la señal de aislamiento era espuria, y que los niveles de radiación en el edificio de combustible eran los habituales de fondo.

El 23 de marzo, a las 22:00 horas, se produjo el fallo del sistema de transmisión dedicado a datos de parámetros de seguridad (SICOEM) entre el Centro de Apoyo Técnico (CAT) de la central y la sala de emergencia (Salem) del CSN. La causa fue un fallo en el módulo procesador básico (MPB-361) del sistema SICOEM. Se reparó el citado módulo el día 24 de marzo, tras la llegada de los repuestos necesarios, declarándose operable el sistema a las 12:15 horas de ese día. En caso de coincidencia de una situación que requiera la activación del Plan de Emergencia Interior junto con un fallo del SICOEM, está previsto un modo de transmisión de datos de seguridad alternativo a la Salem, aplicando el procedimiento PAE-3.02 “Notificación a la Subdelegación del Gobierno de Tarragona y al CSN.” Está prevista la sustitución del actual sistema de transmisión de datos por otro nuevo durante el mes de junio de 2007, además de disponer de repuestos en planta del nuevo sistema.

En la unidad II, el día 12 de enero, a las 13:48 horas se produjo aislamiento de la ventilación del edificio de contención por la actuación del transmisor de radiación 2-TR8001, al alcanzarse un valor máximo de actividad de 78 Bq/m³, superándose el nivel de la concentración de actividad (50 Bq/m³) al que estaba tarada la alarma del transmisor, muy por debajo del establecido en el Estudio de Seguridad (115.000 Bq/m³), debido a la existencia de partículas radiactivas



Central nuclear de Ascó.

de vida corta en la atmósfera de contención. A las 17:22 horas la actividad medida por el transmisor volvió a sus valores habituales. La presencia de dichas partículas se asocia a incrementos puntuales en las emisiones de gases nobles procedentes del circuito primario (RCS). En consecuencia, se modificó el valor de tarado de la alarma del transmisor ajustándolo a 5.000 Bq/m³. El suceso no ha supuesto ningún riesgo para el público, al no haberse superado los valores establecidos en el Estudio de Seguridad. No ha afectado de una manera significativa a la operación de la planta, dada su corta duración y tampoco ha supuesto un riesgo para los trabajadores al estar generado por partículas de vida corta.

El día 19 de febrero, a las 11:22 horas, se produjo la salida de la banda de maniobra (delta-I) por un tiempo de tres minutos como consecuencia de la rápida inserción de barras por reducción rápida de carga en turbina para acomodar la potencia del reactor a la bajada de carga, tras producirse la apertura parcial de la válvula de recirculación de la turbobomba de agua de alimentación principal A. Se procedió a aislar la recirculación normalizándose las condiciones de la planta.

El 22 de febrero, a las 17:34 horas se originó el arranque automático de la bomba B del sistema de agua de servicios para salvaguardias tecnológicas. Durante la realización de los trabajos de sustitución del relé de protección de la bomba D (parada automática de la bomba) del citado sistema, un operario provocó involuntariamente la actuación del relé, lo que produjo, de acuerdo al diseño, el arranque automático de la bomba del tren B. Se procedió al rearme del relé y a la parada de la bomba B.

El 7 de marzo, a las 20:50 horas, se produjo aislamiento de la ventilación de la sala de control por la actuación espuria del transmisor de radiación 2-TR2602. Se normalizó la ventilación de la sala de control después de comprobar que la señal de aislamiento era espuria —no corresponde a una situación real—, y que los niveles de radiación en la sala de control eran los habituales de fondo.

El día 10 de marzo, a las 21:34 horas, se ocasionó el aislamiento de la ventilación de la sala de control por la actuación espuria del transmisor de radiación 2-TR2601. Se normalizó la ventilación de la sala de control después de comprobar que la señal de aislamiento era espuria, y que los niveles de radiación en la sala de control eran los habituales de fondo.

El 21 de marzo, a las 3:07 horas, se produjo aislamiento de la ventilación de la sala de control por la actuación espuria del transmisor de radiación 2-TR2601. Se normalizó la ventilación de la sala de control después de comprobar que la señal de aislamiento era espuria, y que los niveles de radiación en la sala de control eran los habituales de fondo.

Por otra parte y en lo que se refiere a ambas unidades, el Consejo, en su reunión de 21 de marzo,

informó favorablemente la revisión nº 86 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de Ascó II.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cinco inspecciones durante este periodo.

Cofrentes

La central ha permanecido operando a plena potencia, salvo durante la parada automática que se describe más adelante, y hasta el inicio de las maniobras previas para alcanzar la máxima potencia térmica disponible el día 21 de febrero, momento en que comenzó la extensión de ciclo de combustible. A lo largo del mes de marzo se han venido realizando las maniobras para la reducción de temperatura de agua de alimentación correspondientes al final del ciclo. Al final del trimestre la central se encontraba suministrando aproximadamente un 90% de la potencia máxima autorizada.

El día 26 de enero se produjo una parada automática del reactor, por señal de cierre rápido de las válvulas de control de la turbina con una carga mayor del 35%, originada por la actuación del relé del interruptor del generador debido a oscilaciones de la red eléctrica exterior de 400 kV originadas tras una avería y posterior disparo de las líneas de la Muela II y Benejama. Todos los sistemas actuaron correctamente según lo previsto.



Acanalamiento de elementos combustibles en la central nuclear de Cofrentes.

ACUERDOS DEL CONSEJO

A continuación se presentan los acuerdos más significativos adoptados por el Consejo. Puede consultarse el listado completo de los acuerdos del CSN en la página web www.csn.es

Aprobación de la Guía de Seguridad GS-1.3 relativa al Plan de Emergencia en centrales nucleares

El día 10 de enero el Pleno del Consejo acuerda aprobar la revisión 1 de la Guía de Seguridad del CSN GS-1.3 *Plan de Emergencia en centrales nucleares*.

La presente revisión introduce una serie de mejora tales como: la descripción y contenido de los PEI (Planes de Emergencia Interior); los criterios para categorización de emergencias, incluyendo una codificación de sucesos iniciadores de cada clase de emergencia; la composición mínima de cada organización de

emergencia a disponer en cada central; y el tiempo máximo a transcurrir entre la identificación de un suceso iniciador y la declaración de la emergencia, y la comunicación a las autoridades competentes.

Dicha revisión se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la experiencia adquirida en la implantación y mantenimiento de los PEI desde 1987, el nuevo texto del Plaben (aprobado en 2004) y la Guía PE-16 de Unesa.

Informe al Ministerio de Sanidad y Consumo sobre el Proyecto del Real Decreto por el que se determinan y clasifican las especialidades en Ciencias de la Salud y se desarrollan determinados aspectos del sistema de formación sanitaria especializada

Se trata de un texto legal que sustituye al *Real Decreto 220/1997 por el que se crea y regula la obtención*

del título oficial de *Especialista en Radiofísica Hospitalaria* y viene motivado por la *Ley 44/2003 de ordenación de profesiones sanitarias*, que modifica de manera importante el panorama de formación especializada en ciencias de la salud.

El 17 de enero, el Pleno del Consejo acuerda aprobar el informe en el que se incluyen varios comentarios relacionados con las competencias del CSN y decide su tramitación al Ministerio de Sanidad y Consumo.

Aprobación de la Guía de Seguridad GS-4.2 sobre el Plan de Restauración del Emplazamiento

El día 21 de marzo la Oficina de Normas Técnicas (OFNT) propone al Consejo la aprobación de la Guía de Seguridad 4.2 del CSN sobre el *Plan de Restauración del Emplazamiento*.

Durante este periodo ha sido apreciado favorablemente por el pleno del Consejo la revisión 17 del manual de protección radiológica con objeto de adaptarlo a la nueva normativa y requisitos establecidos. Adaptar dicho manual a la nueva estructura de la organización del titular incorporada en la revisión 15 del reglamento de funcionamiento e introducir actualizaciones en referencias y otras mejoras en el documento.

Asimismo, ha sido autorizada la modificación de diseño que supone la actualización de la metodología Giralda para el diseño y evaluación de las recargas de combustible y los cambios en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas (ETFM) que se ven afectadas por la modificación.

El Pleno del Consejo en su reunión del día 28 de marzo aprobó un apercibimiento a la central nuclear de Cofrentes por incumplimiento de la Especificación Técnica de Funcionamiento Mejorada, ETFM, 3.3.6.1, *Instrumentación de aislamiento de la contención primaria*, y del Requisito de Operación 6.3.3.7, *Instrumentación de vigilancia de la radiación*, del Manual de Requisitos de Operación, MRO, al haber permanecido con todos los monitores de radiación en

las líneas de vapor principal con tarados de actuación (alarma y aislamiento) inaceptables, durante un periodo de unas 56 horas (entre los días 19 y 21 de julio de 2006), superior a los plazos máximos establecidos en los documentos citados.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado tres inspecciones a la central de Cofrentes durante este periodo en la propia central, además de las que normalmente realizan los inspectores residentes en la instalación.

José Cabrera

Durante el primer trimestre, la central se encuentra parada y desacoplada, con todo el combustible almacenado en la piscina de combustible gastado. La central se encuentra en la condición de cese de explotación, tal y como se recoge en la Orden Ministerial de 20 de abril de 2006.

Durante este periodo no se han producido incidentes y se han iniciado las actividades de construcción del Almacenamiento Temporal Individualizado (ATI), que tiene previsto finalizar en agosto. Dicha construcción es imprescindible para hacer frente de manera eficaz al desmantelamiento, ya

La guía tiene por objeto definir el contenido del documento oficial que exige el artículo 30 del *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas (RINR)* para solicitar autorizaciones de desmantelamiento y declaración de clausura de instalaciones nucleares y de instalaciones radiactivas del ciclo de combustible. En este sentido, la guía contempla la siguiente información a recoger en el PRE: descripción del emplazamiento, criterios radiológicos de liberación, proceso de restauración, estudio radiológico final, plan de garantía de calidad, procedimientos e informe radiológico final. El RINR señala que el Plan de Restauración del Emplazamiento (PRE) incluirá, en su caso, los planes para la vigilancia de los niveles de radiación y contaminación del emplazamiento que va a ser liberado.

Aprobación de la instrucción IS-11 del Consejo de Seguridad Nuclear sobre Licencias del personal de operación de centrales nucleares

El Pleno acordó, con fecha de 21 de febrero de 2007, aprobar la propuesta de Instrucción del CSN NOR/03-005 sobre *Licencias de personal de operación de las centrales nucleares*, e iniciar la tramitación para su publicación. El documento elimina las diferencias de interpretación y alcance de la Guía de Seguridad del CSN GS-1.1 que hasta entonces se habían producido. Además de eliminar ambigüedades, en el texto se especifica de modo detallado y preciso las funciones del personal de operación, perfiladas en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas (RINR)*, el alcance de las competencias atribuidas a las licencias y la necesidad explícita de

estar en posesión de una licencia para la supervisión del movimiento de combustible.

Aprobación de la instrucción IS-12 del Consejo de Seguridad Nuclear sobre Requisitos de formación del personal sin licencia de centrales nucleares

La continua evolución y mejora de los procesos de seguridad nuclear han aconsejado una mejor regulación del ámbito de la formación y cualificación del personal profesional que trabaja para las centrales nucleares, como fundamento y garantía de una ejecución competente de las funciones importantes para la seguridad nuclear. El Consejo de Seguridad Nuclear decidió elaborar una instrucción que desarrollara eficazmente los contenidos legislativos vigentes y que incluyera los criterios y recomendaciones



Central nuclear José Cabrera. Turbogrupos.

que es necesario descargar todo el combustible del reactor y las piscinas de almacenamiento, antes de acometer el mismo.

Durante este periodo se ha acometido la inspección de aditamentos del foso de combustible gastado y se han realizado una serie de modificaciones de diseño y actividades previas al desmantelamiento. En particular, se ha comenzado la tercera campaña de caracterización del emplazamiento, cuyo objeto es obtener los datos necesarios para preparar los planes de desmantelamiento y las evaluaciones de dosis permitiendo, así mismo, la evaluación de las alternativas y tecnologías de descontaminación y restauración. Se ha finalizado la segunda campaña de descontaminación del primario y se tiene previsto realizar una tercera campaña en los sistemas auxiliares durante el tercer trimestre de este año. Dicha descontaminación tiene como objetivo reducir la actividad depositada en las tuberías del sistema de refrigeración del reactor, el sistema de extracción de calor residual y el sistema químico y volumétrico.

Durante éste periodo se llevó a cabo un simulacro anual dentro del Plan de Emergencia Interior (PEI). También se realizaron cuatro inspecciones.

ACUERDOS DEL CONSEJO (Continuación)

en ese contexto del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de Naciones Unidas. Así, la propuesta de *Requisitos de cualificación del personal sin licencia, de plantilla y externo, en el ámbito de las centrales nucleares* fue aprobada por el Pleno del Consejo de 28 de febrero de 2007, que autorizó su publicación. El documento define los requisitos de cualificación (titulación académica, experiencia, y formación inicial y continua) del personal sin licencia que trabaje para las centrales nucleares y cuyas funciones estén relacionadas con la operación segura de la planta, mediante el desempeño de manera eficiente y segura de las tareas asignadas a cada puesto de trabajo.

Aprobación de la Instrucción IS-13 del Consejo de Seguridad Nuclear sobre los Criterios radiológicos para la liberación de emplazamientos de instalaciones nucleares

Con fecha 21 de marzo la Oficina de Normas Técnicas (OFNT) propone al Consejo la aprobación de la Instrucción IS-13 del CSN sobre los *Criterios radiológicos para la liberación de emplazamientos de instalaciones nucleares*.

La instrucción tiene por objeto establecer los requisitos necesarios para la liberación de emplazamientos de instalaciones nucleares que disponen de autorización de desmantelamiento. En este sentido contempla los criterios radiológicos aplicables, la posibilidad de liberación parcial de emplazamientos, la

liberación total o parcial con restricciones de uso, y la necesidad de demostración del cumplimiento de los criterios radiológicos por parte de los titulares.

El CSN da el visto bueno a la sustitución de tuberías del sistema de accionamiento de barras de control del reactor de la central nuclear de Cofrentes

Con fecha 25 de abril, el Consejo de Seguridad Nuclear ha apreciado favorablemente la sustitución de tuberías del sistema de accionamiento de barras de control del reactor de la central nuclear de Cofrentes (Valencia). Además, también tiene previsto sustituir los cables de instrumentación de la vasija para mejorar las condiciones radiológicas en las áreas de trabajo.

Por otra parte, prosigue la evaluación, por parte del Cuerpo Técnico de la Dirección General de Protección Radiológica, de los borradores de la documentación oficial del *Plan de desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera*. Ha comenzado la transmisión a Enresa de los hallazgos de las distintas evaluaciones realizadas, hallazgos que servirán, en su caso, para la elaboración definitiva de la documentación oficial de licenciamiento del proyecto de desmantelamiento.

Santa María de Garoña

La central comenzó el mes de enero operando a una potencia térmica del 75,7% y durante todo el mes continuó reduciendo paulatinamente la potencia térmica en *coast-down*, efectuando, adicionalmente, cinco reducciones de potencia de un 5% para realizar pruebas de vigilancia los días 1, 8, 15, 22 y 30 de enero.

La central comenzó el mes de febrero operando a una potencia térmica del 69,6% y continuó reduciendo paulatinamente potencia térmica en *coast-down* hasta el día 17, efectuando, adicionalmente, dos reducciones de potencia de un 5% para realizar pruebas de vigilancia los días 6 y 13 de dicho mes.

El día 17 de febrero la central inició la bajada de carga para realizar la parada de recarga y mantenimiento que comenzó el día 18 y finalizó el día 24 de marzo. Desde el día 25 de marzo hasta el 31 del mismo mes, la central operó a una potencia térmica del 100%.



Central nuclear Santa María de Garoña. Subestación.

Esta reparación es una operación clave para el ámbito nuclear pues permitirá, por primera vez, una sustitución de las tuberías del sistema de accionamiento de las barras de control, que se encuentra debajo de la vasija del reactor.

El CSN ha creado un equipo de seguimiento de estos trabajos en el que se integran personal de las áreas de protección radiológica y de ingeniería mecánica ya que, según el Consejo, al tratarse de una reparación de gran envergadura y con elementos avanzados desde el punto de vista tecnológico, es necesario realizar un estrecho seguimiento de la operación por técnicos del organismo.

Además, ha solicitado a Cofrentes información diaria sobre los controles radiológicos internos para supervisar con mayor precisión las repercusiones en el interior de la

instalación, que se complementa con la supervisión directa que realizan los inspectores del Consejo.

La operación se ha diseñado y se llevará a cabo siguiendo el principio de optimización de la protección radiológica, o principio ALARA, por el que las dosis recibidas por los trabajadores deben mantenerse tan bajas como razonablemente sea posible y siempre por debajo de los límites establecidos, tal y como se recoge en la legislación internacional.

El CSN informa favorablemente las modificaciones para la mejora de los sistemas de refrigeración de Vandellós II

El día 16 de mayo, el Pleno del CSN emitió informes favorables a tres modificaciones de diseño planteadas por la central nuclear Vandellós II. Estas modificaciones

de diseño, enmarcadas dentro del *Plan de mejora de gestión de la seguridad de la instalación*, constituyen hitos importantes dentro de los cambios que se están poniendo en marcha, a instancias del CSN y a raíz de los incidentes ocurridos en 2004.

Los cambios propuestos en la presente recarga van dirigidos a modificar la refrigeración del sistema de agua enfriada esencial de la central y la del sistema de los generadores diesel de emergencia.

Dichas modificaciones se completarán en la recarga del año 2008 con la introducción de un sistema de refrigeración de servicios esenciales, que disipará el calor mediante un circuito de agua dulce y torres de refrigeración, independizándose así del circuito de agua de mar para evitar los problemas de corrosión ocurridos en el pasado.

En este periodo se han sometido a la consideración del Consejo de Seguridad Nuclear las propuestas de revisión de documentos oficiales de explotación y las modificaciones de diseño siguientes:

- Modificación de diseño para la aplicación de la Opción I-D basada en el documento ITEC-1315, Rev. 0, para la determinación de unas regiones de estabilidad termohidráulica dependientes del quemado y propuestas de revisión de los documentos oficiales de explotación asociadas.

- Modificación de diseño MD-403 “Reforma del sistema de control de velocidad de los grupos MG de recirculación” y propuestas de revisión de los documentos oficiales de explotación asociadas.

- Propuesta de revisión de la Especificación 3.1.2 *Anomalías de reactividad*.

- Propuesta de revisión de la Especificación 3.4.1 *Lazos de recirculación en operación*.

- Propuesta de revisión de la Especificación 3.6.4.1 *Contención secundaria*.

- Modificación de diseño para la utilización de la metodología TRACG en el análisis de transitorios y propuestas de revisión de los documentos oficiales de explotación asociadas.

El titular ha comunicado al CSN dos sucesos notificados.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado diez inspecciones a la central durante este periodo.

Trillo

La central ha estado funcionando al 100% de potencia en condiciones estables durante todo el periodo, excepto el día 5 de marzo en el que se redujo la potencia para realizar la prueba periódica de válvulas de turbina.



Central nuclear de Trillo. Detalle de las válvulas.

ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

Sucesos notificables

Durante este periodo se han recibido en la Sala de Emergencias del CSN (Salem) cuatro informes de sucesos notificables en una hora y 16 informes de sucesos notificables en 24 horas; de éstos, cuatro corresponden a ampliación de la información enviada en los correspondientes sucesos de una hora. En ninguno de ellos ha sido necesaria la activación de la Organización de Respuesta a Emergencias (ORE) del CSN.

Incidentes radiológicos

El día 16 de enero se recibió notificación de un suceso en la planta de Ionmed Esterilización, ubicada en Tarancón (Cuenca). Se produjo un atasco de la bandeja bajo el haz de electrones originando un conato de incendio, procediéndose

se a desconectar el acelerador de electrones. El incidente no provocó ningún tipo de consecuencias radiológicas.

El día 24 de enero, la empresa ETSA, comunicó a la Salem un accidente de tráfico en la entrada de Bilbao por Zabalburu de una furgoneta que transportaba radiofármacos con destino a la Clínica Vicente San Sebastián de Bilbao. Los bultos no sufrieron daños y se enviaron a la clínica San Vicente, donde el personal de la encomienda verificó su estado y concluyó que el incidente no generó ninguna contaminación externa ni riesgo radiológico.

El día 2 de febrero se recibió fax del Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca por el que se notificaba el intento de robo frustrado en el almacén central de

residuos radiactivos del hospital. Verificaron que el contenido del almacén estaba en las condiciones habituales y que no había habido ninguna significación radiológica.

El día 9 de febrero se recibió en la Salem un fax del supervisor de la IR-1664-S-1 informando del aplastamiento de un equipo CPN utilizado para la medida de humedad y densidad de suelos. El equipo disponía de dos fuentes radiactivas, una de Cs-137 y la otra de Am-Be. Se comprobó que las cápsulas de las fuentes no habían sufrido rotura ni pérdida de su hermeticidad y se retiró el equipo en condiciones de seguridad.

El día 22 de marzo se recibió fax de la empresa Sidenor, situada en Reinosa, informando de la detección de material radiactivo en un transporte de polvo de acería que

No se han producido sucesos notificables. Sin embargo, a raíz de los problemas detectados en el generador diesel de salvaguardias GY-11 el pasado mes de noviembre de 2006 y aunque no ha sido suceso notificable, el titular ha realizado durante este trimestre una inspección visual de las tuercas de los balancines y pares de apriete de los generadores diesel de salvaguardias y de los de emergencia, con objeto de comprobar que no había instaladas tuercas erróneas con pares de apriete no especificados y descartar que se pudiera reproducir en otro diesel el problema detectado en noviembre de 2006. Como resultado de este proceso, se concluye que no hay pares de apriete erróneos en los balancines de ningún otro diesel, por lo que no se podría haber producido un fallo similar.

Durante este periodo de tiempo se han realizado tres inspecciones del *Plan base de inspección* que se refieren a verificaciones del funcionamiento de cambiadores de calor y último sumidero de calor, protección contra incendios y seguimiento de las actividades de planta por la inspección residente.

El CSN, en su reunión de 14 de febrero de 2006, acordó informar favorablemente las propuestas de modificación de las especificaciones técnicas de funcionamiento de referencia PME 4-06/08 y PME 4/05/07 rev. 1, que se refieren a la inclusión de los valores de capacidad y densidad del electrolito de

las nuevas baterías en las especificaciones técnicas de funcionamiento, y a la incorporación en las especificaciones técnicas de las señales de temperatura y caudal en caso de operación prolongada con dos lazos de refrigeración del primario respectivamente. Esta modificación se incorporó en la revisión 35 de las especificaciones de funcionamiento.

El CSN, en su reunión del 21 de marzo, acordó informar favorablemente la propuesta de modificación de las especificaciones técnicas de funcionamiento de referencia PME 4-06/03, mediante la que se modificaba la inspección visual exhaustiva de las esclusas de equipos y emergencia que se efectúa que se efectúa en cada recarga, al realizarse ésta en parte durante la prueba mensual. Esta modificación se incorporó en la revisión 36 de las especificaciones técnicas de funcionamiento.

Vandellós II

La central ha operado de forma estable a plena potencia durante todo este periodo, permaneciendo en estas condiciones hasta el día 21 de marzo a las 15:02 horas en que inicia una parada ordenada de la central (parada no programada) por inoperabilidad del generador diesel B según las especificaciones técnicas de funcionamiento. La parada, se prolongó durante 17 horas, tras lo cual se procedió al arranque de la

salía de la instalación. El camión se aisló y se analizaron diversas muestras concluyendo que contienen Cs-137, lo que indicaba posible fusión de una fuente radiactiva. Desde el CSN se comunicó a la instalación que debían detener la producción de forma preventiva hasta obtener toda la información necesaria para una adecuada caracterización radiológica de las instalaciones. El día 23 de marzo se desplazó un técnico del CSN a la instalación para evaluar la situación y preparar un plan de limpieza. El día 24 de marzo, después de analizar y evaluar toda la información remitida por la instalación, se les comunicó que podían retornar a la actividad productiva normal.

El día 23 de marzo se produjo una manifestación frente a la

puerta de entrada al Ciemat. La concentración duró una hora y terminó sin incidentes.

Actividades en materia de emergencias

El CSN ha informado favorablemente el *Plan de actuación del grupo radiológico* del Plan de Emergencia Nuclear de Tarragona (PENTA).

Se han impartido todos los cursos previstos del *Programa de formación 2007* de la Organización de Respuesta ante Emergencias del CSN, concretamente tres ediciones de nivel 1 con una asistencia de 41 alumnos.

En este periodo el CSN ha participado desde la Salem en el simulacro anual preceptivo del Plan de Emergencia Interior (PEI) de la central nuclear José Cabrera, que fue realizado el 22 de marzo.

El simulacro fue presenciado *in situ* por inspectores del CSN y la Salem fue activada con el personal necesario para afrontar dicha situación de emergencia simulada.

El simulacro se realizó con un escenario secuencial de supuestos previamente desconocido, tanto para la mayor parte de actuantes de la instalación, como del propio CSN.

Mediante la realización de este simulacro se ha probado el nivel de respuesta de las instalación, la correcta actuación de los participantes, el buen estado de los sistemas puestos en juego y en general la operatividad de los medios de que dispone el PEI y el adiestramiento del personal en su correcta utilización, tomándose nota, tanto por los observadores de la instalación, como por los inspectores del CSN, de los temas susceptibles de mejora.



Central nuclear Vandellós II.

planta una vez finalizada la intervención y declarada la operabilidad del generador diesel mencionado.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cuatro inspecciones durante este periodo.

▶ INSTALACIONES DEL CICLO Y EN DESMANTELAMIENTO

Ciemat

Siguen llevándose a cabo las actividades contempladas en el *Plan integral de mejora de las instalaciones del Ciemat*, PIMIC. Su finalidad es desmantelar todas las instalaciones nucleares que aún quedan en el centro, así como la restauración de todas las zonas y áreas afectadas por las antiguas actividades de éste.

Las actividades realizadas en estas últimas semanas se han centrado, fundamentalmente, en los trabajos de desmontaje del sistema de ventilación de las cajas de guantes de la instalación IR-13A, así como en el recubrimiento de las zanjas de sondeos, limpieza y rehabilitación de una dependencia de la instalación IR-01B.

Continúan también los trabajos de desmantelamiento de las partes activas de las instalaciones situadas en los edificios de la zona Este. Ha finalizado la intervención en el edificio 76 del centro y han

ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

Técnicos del CSN han participado como observadores internacionales en el ejercicio DENUX 07 encuadrado en el programa del Consejo OTAN-Rusia para verificar las capacidades de respuesta ante accidentes con armamento nuclear. El ejercicio fue llevado a cabo en la base aérea que el ejército francés tiene en Avord (Departamento de Cher - Francia).

En este periodo han sido presentados el Plan de Actuación ante Emergencias del CSN, la Organización de Respuesta ante Emergencias y la Salem a la Secretaría General de la Energía del MITYC, a la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del MIR, al cuerpo de profesores de la Escuela Militar de Defensa NBQ

del MDE, a representantes de la AMAC y a profesores y alumnos de la Universidad del País Vasco

Se ha continuado con las actividades de colaboración con la Unidad Militar de Emergencias (UME) mediante el asesoramiento para la adquisición de equipamiento radiométrico y la preparación y programación de una ronda de visitas técnicas conjuntas a las instalaciones nucleares y a los Centros de Coordinación Operativa (CECOP) y Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD) de los planes de emergencia nuclear exteriores. En concreto en este periodo ya se han realizado visitas técnicas conjuntas a las centrales nucleares de Trillo, Cofrentes y Almaraz, incluyéndose

en esta última una visita a la red de estaciones automáticas de la Junta de Extremadura que ha sido recientemente incluida en la malla de estaciones automáticas que el CSN tiene conectadas.

Dentro del contexto de la formación de actuantes en emergencias nucleares o radiológicas, el CSN ha participado en el Curso para Suboficiales Especialistas en Defensa NBQ en la Escuela Militar de Defensa NBQ del MDE y del curso destinado a los TEDAX del Cuerpo Nacional de Policía.

El CSN ha participado en el tercer *workshop* para el desarrollo del programa de entrenamiento de respuesta ante emergencias del Organismo Regulador Ucraniano (SNRCU) conjuntamente con el

continuado los trabajos de adecuación de los sistemas de ventilación de los edificios del área protegida, así como de las unidades portátiles de ventilación que se utilizarán en los trabajos posteriores de desmantelamiento. Actualmente se encuentran operativos los sistemas de ventilación del edificio 18 y del edificio del reactor, en el que ya se han iniciado los trabajos de desmantelamiento.



Vista aérea de las instalaciones del Ciemat en Madrid.

El total de las inspecciones realizadas durante este periodo ha sido de cuatro. Una de estas inspecciones se ha dedicado a la protección radiológica ocupacional durante la realización de trabajos del proyecto PIMIC, y las restantes se han centrado en los almacenes de residuos radiactivos del Ciemat, en su plan de vigilancia radiológica ambiental y en las pruebas de las unidades de ventilación portátiles que se utilizarán en las futuras operaciones de desmantelamiento.

Centro Medioambiental de Saelices el Chico (Salamanca)

La planta Quercus se encuentra actualmente en fase de parada definitiva, habiendo solicitado ante el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio la autorización para proceder a su desmantelamiento, presentando el correspondiente *Plan de desmantelamiento y clausura*. En el mes de febrero, Enusa ha pedido la suspensión del proceso de evaluación de dicho plan, hasta que se desarrolle el plan de viabilidad que esta empresa va a realizar en los próximos meses, a fin de analizar la posibilidad de reutilizar de nuevo la planta, una vez confirmada la tendencia alcista de los precios de concentrado de uranio en el mercado internacional. En consecuencia, la evaluación del *Plan de desmantelamiento*, que Enusa presentó como soporte de su solicitud de desmantelamiento y que estaba siendo

Organismo Regulador Finlandés (STUK) en el marco del proyecto TACIS UK/RA06 de la Unión Europea.

Actividades en protección física

Como parte del programa de implantación del Real Decreto 229/2006, sobre control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas, el personal del Área de Seguridad Física de la SEM ha elaborado, organizado e impartido la segunda edición del curso sobre fundamentos de protección física para fuentes encapsuladas de alta actividad orientado hacia el personal de las áreas de inspección y evaluación de instalaciones radiactivas del CSN, aunque

también estuvo abierto a personas externas al Organismo.

Se ha realizado una visita técnica a la sede central de Endesa en la que se pudo comprobar las características del sistema de seguridad corporativo de la empresa, del centro de control de alarmas y del despacho de cargas.

Se ha llevado a cabo una inspección para comprobar la implantación del sistema interior de seguridad física de la central nuclear de Almaraz y el grado de su adaptación a la *Instrucción de Seguridad IS-09* del Consejo de Seguridad Nuclear por la que se aprueban los criterios a los que se han de ajustar los sistemas, servicios y procedimientos de seguridad física de este tipo de instalaciones.

Se ha participado en la reunión técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica, convocada con el objeto de conocer y analizar un documento elaborado por el Organismo con orientaciones a los Estados Miembros sobre la seguridad física de los residuos radiactivos.

Asimismo se ha participado en un grupo internacional de instructores en el curso regional de capacitación y entrenamiento organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica y el Instituto Peruano para la Energía Nuclear (IPEN) que ha tenido lugar en Lima, Perú entre el 19 y el 23 de marzo de 2003, con la participación de 42 alumnos procedentes de Perú, Argentina, Chile, Colombia, Jamaica, Paraguay, Uruguay y Venezuela.

evaluada por el Consejo de Seguridad Nuclear, ha quedado suspendida.

La planta Elefante, ya desmantelada y restaurada, está en el denominado periodo de cumplimiento sometida a un programa de vigilancia, de acuerdo con lo establecido en el *Programa de vigilancia y control de las aguas subterráneas y de la estabilidad de las estructuras* vigente durante este periodo.

Prosigue, conforme a la programación, la restauración del emplazamiento minero afectado por las antiguas actividades de extracción mineral en el centro.

En el periodo se han realizado dos inspecciones, una de seguimiento general de los proyectos en marcha, y otra de seguimiento del tratamiento, vigilancia y control de los efluentes radiactivos generados en el centro y de las dosis asociadas al público.

Otras instalaciones mineras

En el mes de noviembre comenzaron las obras de restauración de la mina de Valdemascaño en Salamanca. Enusa fue autorizada por la Junta de Castilla y León a realizar las actividades de abandono definitivo de las labores mineras en el mes de febrero de 2006. Si bien estaba previsto que estas obras terminaran a mediados de febrero de 2007, las condiciones meteorológicas adversas sufridas durante el invierno han provocaron el retraso de las actividades de restauración en curso,

por lo que las obras no concluyeron hasta finales del mes de abril.

Para la mina Casillas de Flores, también en Salamanca, a mediados del mes de abril comenzaron las actividades de restauración de la misma, para las que Enusa fue también autorizada a realizar las actividades de abandono definitivo de las labores mineras, mediante resolución de la Junta de Castilla y León de febrero de 2006.

Tras finalizar la restauración en ambas minas, se iniciará un periodo de vigilancia y mantenimiento que tendrá una duración mínima de tres años.

Centro de almacenamiento de residuos radiactivos de El Cabril (Córdoba)

Prosiguen, con buen ritmo, las obras de construcción de la primera de las celdas diseñadas para el almacenamiento de residuos radiactivos de muy baja actividad. Por otra parte, en el Consejo de Seguridad Nuclear, continúa con la evaluación de los distintos documentos oficiales que resultarán afectados por la autorización y puesta en marcha de esta modificación.

En el primer trimestre se han realizado tres inspecciones a la instalación. Las inspecciones se centraron en el control general del proyecto, en la recepción de los residuos radiactivos procedentes de pequeños



El Cabril. Laboratorio de caracterización activo. Celda de manipulación.

productores y en la construcción de las celdas de almacenamiento de residuos de muy baja actividad, anteriormente mencionada.

Vandellós I

Durante este periodo se han aceptado las revisiones del *Manual de cálculo de dosis al exterior* y del *Manual de protección radiológica* para la fase de latencia en la que está en estos momentos la instalación. También se ha solicitado que se modifiquen las propuestas de revisión presentadas de los documentos *Reglamento de funcionamiento* y el *Plan de emergencia interior*. Durante el periodo no se ha realizado ninguna inspección.



Central nuclear Vandellós I.

▶ INSTALACIONES RADIATIVAS

Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas

Entre el 1 de diciembre de 2006 y el 28 de febrero de 2007 el Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado las siguientes actuaciones: 21 informes para autorizaciones de funcionamiento de nuevas instalaciones, 69 informes para autorizaciones de modificación de instalaciones previamente autorizadas y ocho informes para declaración de clausura; un informe para la autorización de retirada de material radiactivo; cuatro informes para autorizaciones de servicios de protección radiológica, dos informes para autorizaciones de unidades técnicas de protección radiológica, cuatro informes para autorizaciones de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico, ocho informes de autorizaciones para otras entidades autorizadas, ocho informes relativos a aprobación de tipo de aparatos radiactivos, informes para homologación de ocho cursos de formación para la obtención de licencias o acreditaciones de personal.

Además, durante este periodo el Consejo de Seguridad Nuclear ha remitido 11 apercibimientos a instalaciones radiactivas y actividades conexas, de ellos, tres se han dirigido a instalaciones industriales, cinco a instalaciones médicas y tres a instalaciones de investigación y docencia.

Circular a los titulares de servicios de dosimetría personal externa

El CSN ha determinado la necesidad de homogeneizar y actualizar y las especificaciones anexas a las autorizaciones de los servicios de dosimetría personal externa adecuándolos a lo establecido en el *Real Decreto 783/2001* por el que se aprueba el *Reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes* y a las recomendaciones de la *Guía de Seguridad del CSN 7.1 Requisitos técnico-administrativos de los servicios de dosimetría personal*, revisada en febrero de 2006. El CSN ha remitido una circular a los servicios de dosimetría personal externa autorizados informándoles sobre el contenido de las nuevas especificaciones a incorporar a sus autorizaciones e invitándoles a formular comentarios a las mismas.

El Consejo, ha remitido también una instrucción técnica a los servicios de dosimetría personal externa autorizados estableciendo el envío por medios telemáticos de los resultados de las lecturas mensuales de dosímetros realizados por estas entidades a partir de enero de 2007. En la instrucción se indican el procedimiento a seguir y los formatos a utilizar durante los envíos. 

Noticias Breves

- Consejo de Seguridad Nuclear
- Congresos, cursos y conferencias
- Nombramientos y ceses
- Actividades Internacionales
- Publicaciones

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Reunión CSN-AMAC

El día 15 de febrero de 2007, la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, Carmen Martínez Ten, acompañada por el vicepresidente, Luis Gámir, y el resto de consejeros recibió al Pleno de la Comisión Ejecutiva de la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares (AMAC) para abordar cómo reforzar la cooperación del organismo con las áreas afectadas por este tipo de instalaciones.

Esta reunión, solicitada por AMAC, ha permitido profundizar en la necesidad de impulsar un sistema de relaciones permanente, intenso y mejor articulado. En este sentido, ambas partes coincidieron en la importancia de la labor que desempeñan las Comisiones Locales de Información, que presiden los alcaldes de cada uno de los municipios, y la conveniencia de reforzar la presencia del CSN en las mismas.

Además, ambas partes estudiarán el contenido de acuerdos específicos sobre cuestiones de interés mutuo en el marco del convenio de colaboración vigente, con el objetivo de garantizar a los ciudadanos un conocimiento ágil y completo de todo lo concerniente a la seguridad de las instalaciones y a los incidentes que se produzcan en cada caso.

Estudio epidemiológico en el entorno de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible.

Reunión del Comité Consultivo

El día 6 de marzo se celebró la segunda reunión del Comité Consultivo para seguimiento de los trabajos para la ejecución del *Estudio epidemiológico en el entorno de las instalaciones nucleares españolas* que se está llevando a cabo en colaboración entre el Centro Nacional de Epidemiología del Instituto de Salud Carlos III y el Consejo de Seguridad Nuclear.

En esta segunda reunión el Comité ha analizado la metodología utilizada por el CSN para la estimación de las dosis recibidas por la población en los municipios del entorno de las instalaciones incluidas en el estudio, debidas, por un lado, al impacto de dichas instalaciones y, por otro, a las fuentes de radiación natural presentes en cada localidad (radiación cósmica, radiación gamma terrestre, inhalación de radón y

torón y exposición interna al resto de isótopos naturales por ingestión de agua y alimentos). Estas estimaciones de dosis se utilizarán para investigar si existen o no efectos sobre la salud de la población estudiada en relación con el nivel de exposición a las radiaciones.

Asimismo se ha examinado el avance de los trabajos para la realización del estudio desde agosto de 2006.

Asistencia al acto de celebración del XXV aniversario de la creación de la Escuela Militar NBQ

Representantes del CSN asistieron el 16 de marzo al acto de celebración del XXV Aniversario de la creación de la Escuela Militar de Defensa NBQ (Nuclear, Biológica, Química) en la Academia de Ingenieros del Ejército en Hoyo de Manzanares (Madrid).

La presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, invitó a representantes de la Escuela a visitar la sede del Consejo con el objetivo de darles a conocer de primera mano el trabajo y las capacidades disponibles para hacer frente a las emergencias nucleares y radiológicas que puedan afectar al territorio nacional.

La visita, que tuvo lugar el 30 de marzo, se realizó en el marco de la estrecha relación que el Consejo ha venido manteniendo con la Escuela desde hace años, y el interés que los profesores manifestaron en conocer el Consejo de Seguridad Nuclear.

El CSN participó en las reuniones de las Comisiones Locales de Información de Santa María de Garoña y José Cabrera

El Consejo asistió a las reuniones de las Comisiones Locales de Información de las centrales nucleares Santa María de Garoña y José Cabrera, con el objetivo de informar al público y a las asociaciones locales sobre aspectos técnicos específicos de las centrales.

A la reunión de Santa María de Garoña, celebrada en el Salón de Plenos del Ayuntamiento del Valle de Tobalina (Burgos), asistieron expertos del Consejo de Seguridad Nuclear para explicar a alcaldes y colectivos del entorno de la central temas sobre su funcionamiento. Los técnicos del CSN se centraron en las fisuras en los manguitos de las penetraciones de los crds, y en las medidas de seguridad adoptadas, aspectos que se destacaron al señalar que es la única central en el mundo en la que se realizan inspecciones a estas fisuras. Finalmente abordaron

una presentación detallada acerca de las gestiones y la documentación necesaria que la central de Santa María de Garoña, deberá presentar para obtener la renovación de su permiso de explotación. El Consejo señaló que podría tener lista su evaluación final hacia el mes de marzo de 2009.

El 26 de marzo se celebró la VI Comisión Local de Información y seguimiento del desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera. En el transcurso de la reunión, el Consejo de Seguridad Nuclear informó sobre los aspectos de funcionamiento actual de la central, con el objetivo de explicar las nuevas condiciones de seguridad nuclear y protección radiológica durante la situación de cese de explotación. También se explicó el control que lleva a cabo el Consejo de Seguridad Nuclear sobre las actividades que se desarrollan durante la condición de cese de explotación. Finalmente, el CSN realizó una exposición detallada donde se ofrecía una comparativa de condiciones de la central en operación frente a parada.

El Consejo de Seguridad Nuclear participa, desde su ámbito técnico, en las Comisiones Locales de Información (CLI) con un claro objetivo de informar sobre la seguridad en las centrales nucleares, de mejorar en la transparencia de su propia gestión y de informar al público de sus actuaciones para garantizar la seguridad en las instalaciones.

Acuerdos de encomienda con comunidades autónomas

Durante los meses de abril, mayo y junio se han venido desarrollando las reuniones anuales de seguimiento de los Acuerdos de Encomienda firmados entre el Consejo de Seguridad Nuclear y las comunidades autónomas de País Vasco, Galicia, Cataluña, Asturias y Navarra. En el transcurso de las mismas se ha analizado el progreso de las funciones encomendadas a cada comunidad autónoma, habiendo tenido una evolución y resultado satisfactorio para ambas partes, tanto por la trayectoria de los convenios de encomienda de funciones, como por la buena voluntad de las partes implicadas para mejorar los aspectos discrepantes y por los resultados para el público.

Asimismo, en línea con la aprobación del Pleno del CSN en la reunión celebrada el 16 de marzo del pasado año, en materia de la remisión telemática de documentos de inspecciones de control y funcionamiento de las instalaciones radiactivas y su archivo y custodia en cada comunidad autónoma, durante este año el CSN está gestionando con cada una de ellas la firma de una adenda a los acuerdos de encomienda de funciones en los términos de la custodia de documentación mencionada.

Reunión anual con el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC)

En la reunión que, con periodicidad anual, se viene manteniendo entre representantes del MITYC y del

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), con representantes de las comunidades autónomas con funciones y servicios traspasados en materia de instalaciones radiactivas de 2ª y 3ª categoría, se trataron entre otros temas, los avances en la aplicación del *Real Decreto 229/2006/*, sobre el Control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas, así como sobre el proyecto para revisión del *Real Decreto 1891/1991*, sobre Instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. En el marco de esta reunión el CSN tuvo oportunidad de informar sobre el estudio epidemiológico alrededor de las instalaciones nucleares, instalaciones radiactivas y del ciclo del combustible nuclear, en curso de realización por el Centro Nacional de Epidemiología (ISCIII) y el CSN.

El CSN concluye la inspección en Ascó II y constata que la central opera con normalidad

La central nuclear Ascó II opera con normalidad tras acometer un análisis en profundidad y las oportunas actuaciones en relación con las causas que originaron, entre los días 5 y 8 de mayo, tres paradas no programadas consecutivas del reactor.

Dichos sucesos, clasificados con nivel 0 en la Escala INES y exentos de riesgo para las personas y el medio ambiente, motivaron —principalmente a causa de la reiteración— que el CSN solicitara a la central un estudio detallado de la situación y que enviara una misión específica de inspectores sobre el terreno.

Tras la lectura de dicho informe, el CSN considera que el titular no incurrió en ningún incumplimiento y que su actuación ha sido razonable ya que ha investigado y tomado medidas para corregir las causas, aunque se ha identificado alguna práctica que podría mejorarse.

Por su parte, los resultados de la inspección realizada por el CSN están en línea con la información facilitada por la central en cuanto a la existencia de dos defectos en los circuitos y componentes de actuación de la válvula de aislamiento de agua de alimentación del generador de vapor B que pudieron ocasionar los cierres espurios de dicha válvula y las consiguientes paradas.

► CONGRESOS, CURSOS Y CONFERENCIAS

La presidenta del Consejo inaugura la jornada sobre experiencias operativas de centrales nucleares

El 22 de febrero tuvo lugar la tradicional jornada organizada por la Sociedad Nuclear Española (SNE) en la que se analizan los resultados operativos de las centrales nucleares en el año anterior.

En esta ocasión, la sesión fue inaugurada por la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, Carmen



Carmen Martínez Ten, presidenta del CSN junto a Mª Teresa Domínguez, presidenta de la SNE.

Martínez Ten, quien estuvo acompañada en la mesa de apertura por María Teresa Domínguez, presidenta de la SNE, Pedro Rivero, presidente de Unesa, y Jesús Félez, director de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, donde se desarrolló el acto.

La presidenta del Consejo hizo referencia a la nueva etapa que inicia el organismo, que definió como complicada pero interesante.

La ley de reforma del CSN

En su opinión, la proposición de ley de reforma del Consejo de Seguridad Nuclear, que se debate en este momento en el Congreso, significará un refuerzo para el organismo regulador, potenciando la transparencia y, por lo tanto, una mayor apertura a la sociedad.

Para Carmen Martínez Ten, el funcionamiento del Consejo se ha ido adaptando a lo largo de sus más de veinte años de existencia, pero sin duda el marco de su ley de creación se ha quedado pequeño y hay que asumir la reforma de una manera positiva, para ajustar la estructura a las nuevas demandas de la sociedad.

La situación mundial

Desde el punto de vista energético, la actualidad mundial refleja una situación compleja, en palabras de la presidenta del CSN. Al gran crecimiento de países emergentes, como India o China, se une la inestabilidad de algunos de los más importantes países productores de combustibles fósiles.

En este sentido, el Consejo está muy atento al debate energético en la Unión Europea. Especial

relevancia tiene la seguridad de las centrales nucleares, que constituye uno de los planes de acción planteados por la Comisión Europea.

Por su parte, la presidenta destacó la participación del organismo regulador español en el marco de WENRA e INRA, las asociaciones internacionales que agrupan a organismos similares en el mundo y que abordan proyectos de interés común.

El sector nuclear español

Con relación al debate nuclear, Carmen Martínez Ten afirma que el CSN no entra en posiciones a favor o en contra de la energía nuclear, y hace suya una frase del vicepresidente Luis Gámir: “El Consejo debe ser agnóstico en el debate energético”.

La presidenta reconoce que el incidente de Vandellós II ocurrido en 2004 representó un punto de inflexión en muchos aspectos, especialmente en las relaciones del sector con el organismo regulador. La propia propuesta de ley tuvo su origen en aquel momento.

En su opinión, es fundamental que todos, tanto el Consejo como los titulares de las centrales, reconozcan fallos y aprendan de los errores. Es consciente de que hay que pasar página y mirar hacia delante.

Iniciativas en marcha

Sobre las acciones que lleva adelante el Consejo, la presidenta hizo especial énfasis en el nuevo sistema de supervisión, SISC, cuyo proyecto piloto se desarrolló en 2005, realizándose los ajustes en 2006 y que está preparado para una aplicación definitiva a lo largo de este año.

Con relación a la transparencia, afirmó que existen propuestas que plantean la necesidad de dar a conocer la documentación que prepara el Consejo no sólo al sector sino también a los agentes implicados, los conocidos como *stakeholders*. En este sentido, afirmó que no hay que tener recelos; por el contrario, es fundamental jugar fuerte en este terreno de la transparencia y la información.

I+D

Para la presidenta del Consejo, España no puede perder de vista el futuro. En este sentido, tenemos que mantener y potenciar nuestra presencia en el ITER, en los programas de nuevos reactores que se plantean en diferentes países y en el VII Programa Marco de la Unión Europea.

Hizo también referencia al marco conjunto que ha planteado al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, para colaborar en todas las áreas de coincidencia.

Las relaciones de CSN con el sector

Con relación al sector, Carmen Martínez Ten abordó dos aspectos fundamentales. Por un lado, afirmó que la responsabilidad del funcionamiento recae en

el explotador y esta responsabilidad debe ir más allá del estricto cumplimiento de la normativa, avanzando siempre en la cultura de seguridad. En este sentido, dijo que ha que mantener y potenciar las inversiones en seguridad.

La presidenta pidió al sector una apuesta por una nueva visión, en la que no sea tan difícil implantar algunas medidas de mejora; afirmó que esta petición la dirige fundamentalmente a las empresas propietarias, a las que pide un trato preferente a las instalaciones nucleares.

Por otra parte, se refirió a la transparencia, haciendo especial énfasis en la publicación en la web de las actas de inspección y en las actas del propio Consejo, todo ello cumpliendo lo que tiene encomendado por el Parlamento.

Según sus palabras, cualquier inversión en transparencia es rentable e invitó a las centrales a mejorar sus herramientas de comunicación y a implantar políticas en esta línea.

Un Consejo renovado

Los próximos meses serán de gran importancia para el CSN por lo que la presidenta hizo referencia a los temas de mayor actualidad: el ATC, la solicitud de renovación del permiso de explotación presentada por la central Santa María de Garoña, el desmantelamiento de la central José Cabrera y la culminación del debate sobre la ley de funcionamiento del organismo.

Para afrontar estos retos, el nuevo Pleno aúna, en palabras de su presidenta, la experiencia y diferentes miradas complementarias, que son muy enriquecedoras.

Desde la discrepancia vamos a trabajar en el esfuerzo por llegar a consensos y tener una voz única, muy apoyados en nuestra dirección técnica —afirmó—.

Hizo especial referencia al cuerpo técnico del Consejo, que definió como su principal fortaleza, formado por

estupendos profesionales. En este sentido, afirmó que su principal misión será darles un marco de trabajo seguro e independiente, así como apoyarles para que sean los mejores. Para ello, dijo, contamos con el sector.

El CSN acogió la jornada de protección radiológica organizada por la SEPR

La presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, inauguró el pasado 27 de marzo la jornada *Protección radiológica en el 2006* organizada por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SERP), recordando la necesidad de reforzar la colaboración institucional, elemento clave para alcanzar los retos en materia de protección radiológica de las personas y del medio ambiente. La sesión de apertura contó con la participación de Manuel Oñorbe, director general de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo y Rafael Ruiz Cruces, presidente de la SEPR.

A esta jornada asistieron más de un centenar de profesionales del mundo de la investigación, la medicina y la industria para poner en común los avances científicos logrados en sistemas de diagnóstico y radioterapia, así como para analizar aspectos biológicos, sociales y medioambientales relacionados con la protección frente a radiaciones.

En su intervención, la presidenta del CSN destacó la cooperación con el Ministerio de Sanidad y Consumo en la protección del paciente en las aplicaciones médicas, y con el Ministerio del Interior en la gestión de emergencias y protección física de instalaciones y fuentes radiactivas y acentuó también la capacidad del sector radiológico para consensuar posiciones en relación con los borradores de las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en las que han participado la industria nuclear, el sector hospitalario, Enresa, el Ciemat y el propio CSN.



Mesa presidencial de la jornada sobre protección radiológica. De izquierda a derecha: Juan Carlos Lentijo (director general de Protección Radiológica del CSN), Rafael Ruiz Cruces (presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica), Carmen Martínez Ten (presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear) y Manuel Oñorbe (director general de Salud Pública, Ministerio de Sanidad y Consumo).

Finalizada la inauguración, el director técnico de Protección Radiológica del CSN, Juan Carlos Lentiño, presentó los resultados de los programas reguladores realizados en 2006 en materia de protección radiológica y emergencias y avanzó algunas de las líneas de trabajo definidas para el presente año, como lo referido a las tres instrucciones del Consejo, que están en fase de elaboración, para regular aspectos específicos de instalaciones radiactivas y sobre la nueva edición del *Plan de actuación* del CSN para garantizar una protección radiológica adecuada frente a las radiaciones de origen natural, cuyas acciones llevan en curso varios años y está prevista su intensificación en los próximos, con la colaboración de diversos departamentos del Gobierno y de las comunidades autónomas.

Participación del CSN en la VIII Feria *Madrid por la Ciencia*

Del 12 al 15 de abril, el Consejo de Seguridad Nuclear participó en la VIII Feria *Madrid por la Ciencia* con un *stand* de publicaciones. El evento se celebró en el recinto ferial de Ifema con el objetivo de difundir la cultura científica, comunicar la ciencia que se realiza en los centros docentes e institutos de investigación, estimular el interés y la curiosidad y acercar la ciencia y la tecnología al alumnado y a la población en general.

Durante el certamen se homenajeó a científicos, instituciones y empresas que, desde la creación de la JAE (Junta de Ampliación de Estudios) precursora del CSIC, han impulsado la ciencia y la tecnología en nuestro país.

La feria, que contó con elevado número de visitantes, estaba dividida en distintas áreas temáticas: la vida, ciencia en red (apartado en el que se ubicó el *stand* del Consejo), ciencia y los niños, año polar, matemáticas, 100 años de ciencia y + ciencia.

Cabe destacar el interés que mostraron muchos participantes ante las actividades que desarrolla el CSN. Muchas de las preguntas se plantearon en relación con el funcionamiento y el número de centrales nucleares operativas en España, usos, aplicaciones y dosis de las radiaciones, posibles efectos nocivos de las antenas de telefonía móvil, etc.

Como novedades editoriales, el CSN presentó en esta feria una nueva agenda escolar y el póster *¿Qué es el átomo?*. Entre los folletos más demandados están los relativos a las funciones del Consejo de Seguridad Nuclear, el Centro de Información y el Mapa: mapa de radiación natural en España.

Nuevas estrategias nucleares en el mundo

El día 4 de mayo tuvo lugar en el Consejo de Seguridad Nuclear una conferencia sobre *Nuevas estrategias nucleares en el mundo*, impartida por Luis Echávarri, director general de la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE.

Echávarri afirmó que la energía nuclear es cada vez “más atractiva” porque no emite CO₂ y garantiza el suministro eléctrico. En su opinión, la energía nuclear supone una opción rentable frente a los problemas relacionados con la disponibilidad de recursos energéticos, tanto de gas como de petróleo. A esto



Stand del CSN en el VIII Feria Madrid por la Ciencia.



El director general de la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, Luis Echávarri, durante la conferencia sobre *nuevas estrategias nucleares en el mundo*.

contribuye el hecho de que los dos países con mayores yacimientos de uranio sean Australia y Canadá, ambos integrados en la OCDE.

Además, puntualizó que, aunque con el consumo actual habría combustible garantizado para 85 años, con los reactores existentes podrían superarse los doscientos años.

Por otra parte, los reactores de fisión nuclear de cuarta generación, actualmente en fase de estudio, podrían llevar a cabo un uso hasta treinta veces más eficiente de la “energía que hay en el uranio”, de la cual sólo se aprovecha un 0,6% con los reactores en uso.

Participación del CSN en el XVI Congreso Nacional de Física Médica

Del 22 al 25 de mayo, el Consejo de Seguridad Nuclear participó en el XVI Congreso Nacional de Física Médica, celebrado en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, en el que el CSN contó con un *stand* de publicaciones.

El evento se celebró bajo el lema *La radiofísica ante la nueva estructura universitaria* y con el objetivo de plantear el cambio curricular de la carrera de físicas y rediseñar el papel de la radiofísica dentro de la nueva estructura.

Entre los numerosos visitantes que se acercaron al *stand* destacamos la satisfacción demostrada por la presencia del Consejo, y la gratitud de profesores y alumnos por las publicaciones entregadas (divulgativas y técnica, guías de seguridad, normativa ...)

Durante el Congreso se proyectaron, ininterrumpidamente, vídeos sobre seguridad nuclear, protección radiológica y el funcionamiento del Centro de Información. El juego interactivo SPIN, que contiene preguntas y respuestas sobre los usos de las radiaciones, acapará la atención de los más jóvenes.



Stand del CSN en el XVI Congreso Nacional de Física Médica.

► NOMBRAMIENTOS

Purificación Gutiérrez López, nueva secretaria general del CSN

El día 2 de marzo y según Real Decreto 317/2007 se nombró secretaria general del Consejo de Seguridad Nuclear a Purificación Gutiérrez López.



Purificación Gutiérrez López.

Nacida el 12 de septiembre de 1953 en Badajoz, es licenciada en Derecho por la Universidad Autónoma de Madrid.

Después de desempeñar durante varios años el ejercicio profesional de la abogacía, en 1991 fue nombrada directora general del Instituto de la Mujer y, posteriormente, directora general del Gabinete del Ministro de Justicia y directora general del Gabinete del Ministro de Justicia e Interior. En 1997 pasó a ocupar el puesto de responsable de relaciones institucionales en el Gabinete Técnico de la Presidencia del Consejo de Seguridad Nuclear, organismo en el que en 2001 fue nombrada asesora y en 2006, jefa del Gabinete Técnico de la Presidencia.

Sustituye en el puesto a Antonio Luis Iglesias Martín.

▶ ACTIVIDADES INTERNACIONALES

Reunión del Pleno del CSN con el presidente de la Autoridad de Seguridad Nuclear de Francia

Madrid, 25 de enero

El 25 de enero, André-Claude Lacoste, presidente de la Autoridad de Seguridad Nuclear de Francia, ASN, se desplazó a Madrid, acompañado de su director de Relaciones Internacionales, Cyril Pinel, para mantener una breve reunión con el Pleno del CSN al completo.

En la reunión mantenida a tal efecto se trataron diversos temas, entre los que cabe destacar los siguientes:

Actividades bilaterales

Tras una breve presentación sobre la nueva composición de los órganos de dirección de ambas organizaciones, las dos delegaciones reiteraron su interés en retomar cuanto antes las actividades bilaterales, y en concreto seguir fomentando el intercambio de expertos, las inspecciones cruzadas y la participación en ejercicios de emergencias.

En la próxima reunión bilateral, que se celebrará en Francia a finales de septiembre o principios de octubre de 2007, se debatirán los nuevos retos de ambas organizaciones, y se seleccionarán algunas para continuar cooperando en los campos seleccionados.

Para acabar, con las actividades bilaterales, Lacoste invitó al CSN a que participase en la Conferencia de Presentación de Resultados de la Misión IRRS que Francia recibió en noviembre de 2006 y España acogerá en enero de 2008.

Asociación Internacional de Reguladores Nucleares, INRA

Francia y España son miembros fundadores de esta asociación. Las dos reuniones de 2007 se celebrarán

en España, la primera bajo presidencia francesa, y la segunda presidida por el CSN.

Las dos delegaciones debatieron sobre los temas a tratar y acordaron incorporar el tema de las misiones *inter pares* del OIEA e incluir poco a poco temas de protección radiológica.

Unión Europea

Se debatió la propuesta de la presidencia de Alemania sobre la creación de un instrumento para alcanzar un mayor nivel de armonización entre Estados Miembros, en materia de seguridad nuclear y gestión de residuos, basado en las conclusiones del grupo de expertos *ad-hoc* convocado por el Grupo de Trabajo de Cuestiones Atómicas.

La Comisión Europea va a constituir un grupo de alto nivel, donde cada Estado Miembro estará representado. André-Claude Lacoste considera que los participantes deberían ser los presidentes de los organismos reguladores de los Estados Miembros, y que el propio grupo deberá definir su mandato.

Reunión sobre protección radiológica organizada por la ASN

La gran mayoría de los incidentes que se están produciendo en la Unión Europea se dan en instalaciones radiactivas, y principalmente, dentro del ámbito médico. A pesar de existir una normativa común (Tratado Euratom), las prácticas implantadas en cada uno de los países del entorno de la UE son muy dispares.

La Autoridad de Francia ha convocado una reunión para el 29 de mayo de 2007, donde se pretende crear un foro para compartir prácticas de trabajo, y alcanzar un mayor nivel de seguridad. A esta reunión están invitados los presidentes de los organismos reguladores en materia de protección radiológica de toda Europa.

Lacoste mostró un gran interés en que el CSN acuda a esta reunión, e indique los temas de mayor interés a debatir.

Visita preparatoria para la misión IRRS

Madrid, 26 y 27 de febrero

Con fechas 26 y 27 de febrero de 2007 se celebró en la sede del CSN una reunión preparatoria de la misión IRRS (Integrated Regulatory Review Service) la cual será llevada a cabo por el Organismo Internacional para la Energía Atómica a inicios del año 2008.

La representación del OIEA estuvo constituida por tres técnicos de esta organización, que fueron recibidos por una amplia representación de las unidades del cuerpo técnico, así como por el Pleno del Consejo y la Secretaría General. Del mismo modo, asistieron representantes del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

Los aspectos tratados fueron la definición del alcance de misión IRRS a celebrar en el año 2008, la composición del equipo revisor que desarrollará la misión, la logística para la preparación y desempeño de la misma.

Actividades de cooperación con Ucrania en el marco del proyecto TACIS (UK/RA06)

Madrid, del 12 al 23 de marzo

En la semana del 12 al 16 de marzo de 2007 tuvo lugar en la sede del CSN la tercera reunión de la tarea 1 del proyecto TACIS sobre desarrollo de regulación y normativa en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. La reunión, coordinada por un técnico del CSN experto en desarrollo normativo, tuvo por objeto discutir con los representantes del organismo regulador ucraniano la implementación a su pirámide normativa de las prácticas y legislación establecidas en el marco de la Unión Europea, así como aportar una visión en profundidad del sistema regulador español, identificándose puntos de interés para su aplicación en el organismo regulador ucraniano.

Durante la semana del 19 a 23 de marzo se desarrolló en la sede del CSN la tercera reunión de la tarea 3 del Proyecto TACIS sobre formación y especialización del personal del organismo regulador ucraniano. La reunión estuvo coordinada por el subdirector de Emergencias del CSN y tuvo por objeto apoyar la mejora del sistema de planificación y respuesta ante emergencias del organismo regulador ucraniano, así como la elaboración de documentos para la formación de los actuantes en la respuesta en emergencias.

Actividades en el marco del acuerdo bilateral existente entre el CSN y el Organismo Regulador Ucraniano (SNRCU)

Madrid, 22 de marzo

El día 22 de marzo de 2007 la presidenta del Consejo, Carmen Martínez Ten, y posteriormente la secretaria general, Purificación Gutiérrez, recibieron a la representante del organismo regulador ucraniano, Tetyana Smirnova, jefa de Relaciones Internacionales. Asimismo se mantuvo una reunión con los consejeros Antonio Colino y Francisco Fernández, con el objeto de revisar las acciones de interés a llevar a cabo entre ambos organismos reguladores.

Reunión de la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental, WENRA

Praga, 29 y 30 de marzo

La Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental, WENRA, está constituida por los máximos responsables de los organismos reguladores de los Estados Miembros de la Unión Europea, con centrales

nucleares, y Suiza. Desde noviembre de 2006 está presidida por la representante Checa, Dana Drabová, quién también se encargó de la organización de esta primera reunión de 2007, que tuvo lugar en Praga.

Los temas más importantes de la agenda eran la revisión de las actividades de los dos grupos de trabajo: Grupo de Trabajo para la Armonización de Reactores (RHWG) y el Grupo de Trabajo de Residuos y Desmantelamiento (WGWD).

Tras la presentación al público del informe sobre la armonización de reactores, en febrero de 2006, y el plan de acción que ha establecido cada país para alcanzar los niveles de referencia fijados, con el fin de que todos los países miembros alcancen los mismos altos niveles de seguridad, se está estudiando incorporar nuevos temas para armonizar las prácticas en otros campos.

En lo que se refiere a la gestión de los residuos y el desmantelamiento de las instalaciones nucleares, se han acordado ya los niveles de referencia, y en breve se realizará el ejercicio de intercomparación que dará paso a los correspondientes planes de acción nacionales.

Por último, se ha propuesto iniciar el trabajo de un grupo más donde se analice la armonización para el almacenamiento definitivo de residuos de media y baja actividad y que se prepare para la próxima reunión una propuesta de actuación en relación con la elaboración de niveles de referencia para almacenamiento definitivo de residuos de alta.

Otro tema más de interés fue la revisión del informe sobre *software* crítico para seguridad. Dicho informe se presentó para aprobación, pero algunos países, entre ellos Francia, no la apoyaron debido a que no es un documento que contenga unos niveles de referencia comunes, elaborado de manera similar a como se han redactado los demás niveles de referencia. Se propuso entonces que el documento se trabaje dentro del RHWG para obtener niveles de referencia aplicables a este tema y que, los países que habían participado en su elaboración, lo puedan publicar de forma conjunta o unilateralmente, especificando que se ha elaborado dentro de un grupo de trabajo de la UE y posteriormente de WENRA.

Además de estos temas internos, se debatió la participación de los países de WENRA en un grupo de trabajo para el análisis de la experiencia operativa europea, siguiendo la línea de actuación relativa a la creación de *clearinghouses* regionales sugerida por INSAG o en una propuesta paralela, liderada por los organismos de Soporte Técnico de Alemania, Bélgica y Francia, donde tendrían cabida las organizaciones de los demás países.

Para acabar, se discutió sobre la propuesta de la Unión Europea de crear un grupo de alto nivel sobre temas de energía nuclear. Alemania, como país presidente de la UE durante este semestre, presentó la propuesta de creación de este grupo de alto nivel dentro de la Unión para establecer una aproximación común

en temas de seguridad nuclear, seguridad en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos, así como la financiación del desmantelamiento de las instalaciones y la gestión de los residuos, siguiendo las conclusiones del Grupo de Expertos *ad-hoc* del Consejo de la Unión Europea. WENRA decidió que antes de reorientar el trabajo de este grupo conviene ver cómo evoluciona esta actividad de la UE y conocer los objetivos de este grupo de alto nivel, por lo que no se tomó ninguna decisión, por el momento.

Proyecto MCCI-2

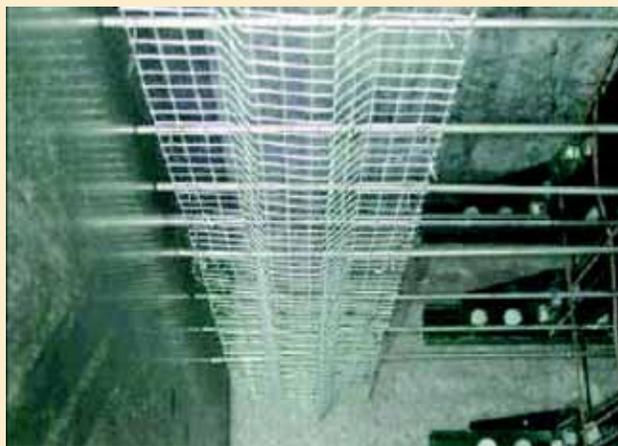
Chicago, 6 y 7 de abril

Los días 6 y 7 de abril se ha celebrado en Chicago (EEUU), la segunda reunión del proyecto internacional MCCI-2. Este proyecto comenzó el 1 de abril del año 2006 y finalizará el 31 de diciembre del año 2009, está patrocinado por la NEA y gestionado por la NRC. Los principales objetivos del proyecto MCCI-2 son: decidir si el corium depositado sobre el suelo de la cavidad del reactor es refrigerable vertiendo agua sobre él, obtener datos experimentales sobre la ablación bidimensional de la cavidad del reactor y obtener información sobre métodos alternativos de refrigerar el corium para aquellas centrales en las que pueda resultar insuficiente el vertido de agua sobre el corium. Además, se prevé la realización de trabajos analíticos para interpretar los resultados experimentales y validar códigos.

La matriz experimental de este proyecto consta de 12 experimentos repartidos en cuatro grupos. El grupo 1 analiza la eficacia de dos mecanismos de refrigeración del corium: la intrusión de agua a través de las grietas de la costra de corium y las erupciones de corium. Se tienen previstos hasta cuatro experimentos de efectos separados en este grupo. El 25 de enero se realizó el primer experimento de este grupo. En contra de lo esperado, este experimento no ha mostrado un aumento en la eficacia de la refrigerabilidad del corium. Se está revisando con detalle la instalación experimental, para descartar un inadecuado funcionamiento de la misma.

El grupo 3 prevé realizar dos experimentos a escala media sobre interacción corium-hormigón en 2-D y, tras un periodo razonable de tiempo, verter agua sobre el corium. Este tipo de experimentos ha dado muy buen resultado en el anterior programa MCCI y ha proporcionado muy valiosa información sobre ablación 2-D del hormigón en condiciones secas y sobre la refrigerabilidad del corium. En la reunión de Chicago se ha aprobado el diseño del proyecto presentado por Argonne National Laboratories.

En estos momentos, el proyecto no está lo suficientemente maduro para poder definir los experimentos a realizar en el futuro. Los inesperados resultados obtenidos en el experimento del grupo 1 y la incertidumbre sobre los resultados del grupo 3 pesan mucho en



Detalle de la instalación experimental para estudiar la interacción núcleo fundido hormigón. Termopares laterales que miden la temperatura del corium.

esta situación. Por tanto, se ha decidido intensificar los contactos entre los miembros del comité técnico vía correo electrónico y se ha propuesto lo siguiente:

- El grupo 2 prevé realizar hasta cuatro experimentos para estudiar otras estrategias de refrigeración del corium diferentes al vertido de agua sobre él. Se ha decidido crear un comité que analice los dispositivos que aumentan la refrigerabilidad del corium que se van estudiar en este proyecto.

- El grupo 4 prevé realizar dos experimentos a gran escala sobre interacción corium-hormigón en condiciones secas y húmedas. Sólo se ha decidido que un experimento sea similar a los del grupo 3 y el otro similar a los experimentos del grupo 2.

- Tras la realización del experimento del grupo 3, se elaborará una hoja de ruta que contenga las principales características de los experimentos del grupo 1, 3 y 4.

Argonne está trabajando intensamente en la puesta a punto del código Corquench destinado al análisis de la refrigerabilidad del corium depositado en el suelo de la cavidad del reactor. Se ha confeccionado un manual de usuario y se han incorporados nuevos modelos de erosión del hormigón que explican, sólo parcialmente, la asimetría en la velocidad de erosión radial y axial que se ha encontrado en algunos experimentos 2-D. La NRC también ha contratado a la Universidad de Wisconsin para que trabaje en la modelación de fenómenos relacionados con la interacción núcleo fundido hormigón.

Los representantes de Finlandia y del CEA hicieron sendas presentaciones sobre los programas experimentales en curso en sus países. Se han realizado los denominados *scoping test* y se está en condiciones de seguir realizando experimentos.

Se comenzó a organizar la reunión internacional para exponer los principales logros obtenidos en el proyecto MCCI. Esta reunión se celebrará en Cadarache, Francia, los días 10 y 11 de octubre del año 2007.

(Page 2)

**Mohamed El Baradei,
Director General of the International
Atomic Energy Agency (IAEA)**

At the time of his visit to Spain, to be awarded the Doctor *Honoris Causa* degree by the Polytechnic University of Madrid, Mohamed El Baradei, Director General of the International Atomic Energy Agency (IAEA), met with the President and Councilors of the CSN on May 11. The meeting was extremely cordial and confirmed the fruitful cooperation between both organizations on many fields of mutual interest and, especially, the wish to consolidate the global framework on nuclear safety.

(Page 6)

**Spain hosts the meeting of the
G9 of nuclear regulators** **Alfredo de los Reyes**

The 20th Meeting of the International Nuclear Regulators Association (INRA) took place in Madrid from May 23 to May 25, 2007. Ms. Carmen Martínez Ten, President of the Consejo de Seguridad Nuclear, attended the meeting representing Spain. This forum, which tackles matters on nuclear safety and radiological protection, brings together the 9 countries with the most experience on the supervision of nuclear activities: Canada, France, Germany, Japan, South Korea, Spain, Sweden, the United Kingdom and the United States.

(Page 9)

Climate Change: myth and reality **Manuel Toharia**

The author, who recently gave a conference at the CSN headquarters, states his

Resúmenes Summaries

vision of what climate change means and is critical of the most catastrophic predictions, even though he admits that they have been useful to raise the awareness of public servants. He also analyses the recent climate evolution and proposes rational solutions to deal with this great environmental problem.

(Page 17)

**Fighting against the destruction
of the Environment**

The Spanish Government has approved the Environmental Responsibility Bill that puts into practice the philosophy of "he who pollutes, repairs". This regulation will force the economic and professional operators to fully repair the damages they have caused and to prevent the effects on the environment. The future Law, which is going through the parliamentary process, is a significant step forward on the fight against environmental destruction and the impunity of offenders.

(Page 19)

**Polonium-210, that great
unknown** **J.Luis Martín Mattarranz, Carmen Álvarez García, Ignacio Amor Calvo, Lucila Ramos Salvador, Manuel Rodríguez Martí y J. Carlos Lentijo Lentijo**

It was the first radioactive element discovered by Mr. and Mrs. Curie and in the last months it has made the headlines

after the alleged poisoning of a Russian spy with this substance, but it is also the great unknown.

In this article, members of the CSN's Radiological Protection Direction define the origin and explain the uses and properties.

(Page 26)

**The use of Polonium-210 as
poison** **Miguel Barrachina**

The use of Polonium-210 as a poison constitutes alarming news, since no precedents were known on the application of radioactive isotopes on living tissues.

The author of the following article, member of Royal Academy of Doctors of Spain and specialist on the subject, provides some interesting comments on this matter with the aim of defining the poisoning reach from a scientific standpoint.

(Page 53)

**PET radiopharmaceuticals for
human use in Spain: Past and
present** **Anabel Cortés**

PET radiopharmaceuticals are legally accepted as medicines in Spain since 1990 and, therefore, are subject to complying with all pharmaceutical legislation. Due to their peculiar characteristics and their effectiveness in diagnostic applications, the Spanish Health Authorities have deemed necessary to authorize its use for human beings. This article summarises the proceedings carried out up until now regarding their regulation and authorisation and their fast propagation throughout the Spanish Health System.

Seguridad Nuclear Boletín de suscripción

Institución/Empresa

Nombre

Tel.

Fax

Dirección

CP

Localidad

Provincia

Fecha

Firma

Enviar a Consejo de Seguridad Nuclear, Servicio de Publicaciones. c/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. Número de fax: 91 346 05 58.

La información facilitada por usted formará parte de un fichero informático con el objeto de constituir automáticamente el *Fichero de destinatarios de publicaciones institucionales del Consejo de Seguridad Nuclear*. Usted tiene derecho a acceder a sus datos personales, así como a su rectificación, corrección y/o cancelación. La cesión de datos, en su caso, se ajustará a los supuestos previstos en las disposiciones legales y reglamentarias en vigor.

NUEVAS PUBLICACIONES DEL CSN



Safety Guide 6.4

Documentation to request authorisations for the transport of radioactive material: package approvals and authorisation for shipments



Procedimiento 10

Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental



Guía de Seguridad 1.3 (Rev. 1)

Plan de Emergencia en centrales nucleares



Procedimiento 11

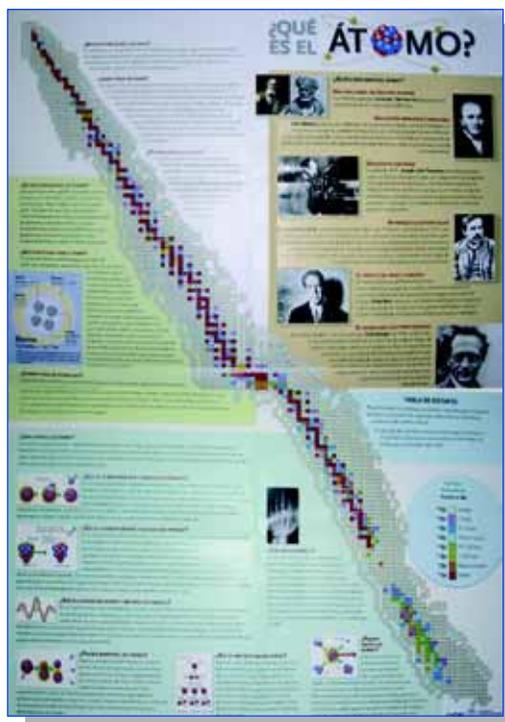
Procedimiento para la conservación y preparación de muestras de sedimento para la determinación de la radiactividad ambiental.

Preguntas frecuentes

Sobre el transporte de equipos radiactivos de medida de densidad y humedad de suelos y de gammágrafos industriales.



¿Qué es el átomo?



Si está interesado en adquirir alguna de las publicaciones del CSN puede hacerlo enviando un correo electrónico a peticiones@csn.es o a través de nuestra página web www.csn.es en la que encontrará nuestro catálogo de publicaciones.



Pedro Justo Dorado Dellmans 11
28040 Madrid
www.csn.es