

RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



- ✓ *Estudios de **BIOCINÉTICA PULMONAR** de **PLUTONIO** y **AMERICIO***
- ✓ ***DOSIS** impartida al paciente en **MEDICINA NUCLEAR DIAGNÓSTICA***
- ✓ *Control de **EFLUENTES** en las **CENTRALES NUCLEARES** españolas*
- ✓ *Consecuencias **ECONÓMICAS** de los **ACCIDENTES NUCLEARES***
- ✓ *Aspectos **ÉTICOS** de la **GESTIÓN** de los **RIESGOS RADIOLÓGICOS***

Nº 11 • Vol. IV • 1996



LAMSE S.L. Paseo Imperial, 6, 2º D - 2 - Tel. (91) 366 96 01 - Fax (91) 366 96 09 - 28005 MADRID

15 años al Servicio de la PROTECCION RADIOLOGICA

DIVISION TECNICA

Laboratorio para Mantenimiento de Monitores de Protección Radiológica.

Servicio Técnico de ámbito nacional.

Verificaciones electrónicas y radioactivas de equipos y Sistemas de P.R.

DIVISION COMERCIAL

Monitores de Contaminación y Radiación.

Monitores de Partículas y Residuos Radioactivos.

Pórticos.

Medidores de RADON.

Espectrometría GAMMA y ALFA.

DIVISION "I+D"

Especialistas en MAPAS RADIOLOGICOS para Centrales Nucleares.

Transmisión y captación de DATOS via, Radio, Teléfono, GPS, etc.

Electrónica.

Informática.



RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
Nº11 Vol. IV • 1996

Director: Emilio Iranzo

Comité de Redacción
Coordinadora: María Teresa Macias

David Cancio, Teresa Ortiz y Margarita Sierra

Comité Científico
Coordinador: Antonio Delgado

Josep Baró, Pedro Carboneras, José M^a García Quiros, Eugenio Gil, Fernando González, José Gutiérrez, Miguel Herrador, Jerónimo Iniguez, Ildelfonso Irún, M^a Cruz Lizuain, Antonio R. López, Gloria Martí, Luis M. Martín Curto, Armando Merino, Cristina Núñez, Pilar Olivares, M^a Cruz Paredes, Vicente Pastor, Turiano Picazo, Santiago Quindos, José Carlos Saez, Antonio Salvador, M^a Luisa Sánchez-Mayoral, Angeles Sánchez, Carlos Sancho, Matilde Santos, Luis M. Tobajas, Manuel Torno y Eliseo Vanó.

Edita SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
(S.E.P.R.)
C/ Apolonio Morales, 27,
28036 Madrid

Junta Directiva de la S.E.P.R.
Presidente: Leopoldo Arranz
Vicepresidente: Eduardo Sollet
Secretario: Manuel Fdez. Bordes
Tesorera: M^a Teresa Ortiz
Vocales: Ignacio Amor
David Cancio
Andrés Leal
Juan José Peña
Montserrat Ribas

Realización y Publicidad
EDICOMPLET, S.A.
Apolonio Morales, 27 • 28036 Madrid
Tel: 91 - 350.49.17 • Fax: 91 - 350.76.52

Imprime DGB
Distribuye JARPA

Suscripción anual: 6.000 pts.
Número suelto: 2.000 pts.
Ejemplar gratuito para los miembros de la
Sociedad Española de Protección
Radiológica (SEPR)

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

Depósito Legal: 17158
ISSN: 1133-1747

SUMARIO

✓ Editorial	5
✓ Colaboraciones	
• BIOCINETICA PULMONAR	7
“Estudios de biocinética pulmonar de plutonio y americio asociados a partículas de suelo” <i>A. Espinosa, A. Aragón, J. Martínez y C.E. Iranzo</i>	
• MEDICINA NUCLEAR DIAGNOSTICA	18
“Dosis impartida al paciente en medicina nuclear diagnóstica” <i>J. Bea Gilabert, J. F. Martí Vidal</i>	
• CONTROL DE EFLUENTES	27
“Limitación, vigilancia y control de efluentes radiactivos en las centrales nucleares españolas” <i>L. M^a Ramos Salvador</i>	
• CONSECUENCIAS ECONOMICAS DE ACCIDENTES	40
“La evaluación de consecuencias económicas de los accidentes nucleares, una puesta al día” <i>E. Gallego Díaz</i>	
✓ Contribución invitada	
“Aspectos éticos de la gestión de los riesgos radiológicos” <i>A. Surgier</i>	52
✓ Noticias S.E.P.R.	63
✓ Informaciones de interés	82
✓ Convocatorias	92
✓ Publicaciones	93

ENTIDADES COLABORADORAS

AGFA 



PHILIPS

IBERDROLA

enresa



SIEMENS

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



3M

Por fin, la nueva Directiva

D

urante la Presidencia Española de la UE, en el segundo semestre de 1995, se ha conseguido alcanzar el acuerdo político de los quince países

miembros sobre la aprobación de la Directiva que establece las nuevas Normas Básicas de Protección Radiológica de la Unión Europea. Consideramos que ello constituye un hito de magnitud tan importante que requiere la felicitación de todos los expertos en Radioprotección, y especialmente de nuestra S.E.P.R., a los miembros de la delegación española que han conseguido un aceptable consenso del texto de la nueva Directiva, que, en 1990, fue objeto de planificación e iniciación de su desarrollo.

Como consecuencia de dicha aprobación y el obligado cumplimiento de la nueva Directiva en la Unión Europea podemos considerar, con toda seguridad, que se va a acelerar la puesta en marcha y aprobación en todos los países miembros, de las nuevas legislaciones de

protección radiológica que quizás, por al menos una década, han de dirigir nuestras actividades en el mundo de las aplicaciones de las radiaciones ionizantes y de la energía nuclear. Es cierto que se están produciendo críticas importantes en el sentido de la consideración de la relación lineal dosis-efecto para bajas dosis de radiación. En marzo de 1996, la Health Physics Society ha hecho pública una manifestación de su posición en contra de la estimación cuantitativa de riesgos para la salud por debajo de una dosis individual de 50 mSv en un año y de una dosis por vida de 100 mSv en adición a la debida al fondo radiactivo natural, por considerar que para esas dosis solamente estimaciones cualitativas podrían realizarse y recalando la posibilidad de ningún efecto perjudicial para la salud. Ahora bien, pensamos que esas críticas y manifestaciones no van a influir en que se modifique la prudencia mantenida por la ICRP al establecer la reducción de los límites de dosis, ya que los nuevos valores, que a partir de ahora van a mantenerse vigentes, no constituyen ni mucho menos, el aspecto más importante del nuevo Sistema de Protección Radiológica. La reconsideración de aspectos importantes de las

actuales recomendaciones podría tener lugar a causa de los avances que vayan produciéndose en la investigación radiobiológica y especialmente en las relacionadas con la radiosensibilidad individual y la posible diferenciación entre ciertos cánceres producidos por radiaciones ionizantes y los producidos por otras causas.

La SEPR ha dedicado en los últimos meses un gran esfuerzo para tratar de colocarse a la altura de las Sociedades más prestigiosas de la IRPA, con la intención de conseguir su designación como Sociedad anfitriona de uno de sus próximos Congresos Internacionales. La respuesta encontrada en los Organismos y Empresas nacionales relacionadas con las aplicaciones de las radiaciones ionizantes y la energía nuclear, y específicamente en el organismo regulador, ha sido altamente satisfactoria. Por ello y mediante la presentación de nuestra propuesta durante el Congreso IRPA9 (que al cierre de esta edición no se ha celebrado todavía), estaremos en condiciones de deducir las probabilidades con que España puede contar para celebrar el IRPA11, teniendo en cuenta que

por simple círculo rotativo probablemente se celebrará el IRPA10 en el lejano Oriente.

Por otra parte y al iniciar el volumen de Radioprotección correspondiente a este año, nos damos cuenta de que en el período que abarca la segunda mitad de 1995 y la primera de 1996 se están produciendo aniversarios conmemorativos significativos de hechos importantes relacionados con las radiaciones ionizantes y la energía nuclear, que han permitido la deducción de conclusiones importantes relacionadas con las posibilidades de protección contra sus efectos perjudiciales. En el verano de 1995 se produjo el 50 aniversario de las acciones de guerra que dieron lugar a las explosiones de Hiroshima y Nagasaki; en el otoño de 1995 se conmemoró universalmente, también por la SEPR, el centenario del descubrimiento de los rayos X por Röntgen. En enero de 1996 se ha cumplido el 30 aniversario del accidente de Palomares. El 1 de marzo se ha conmemorado el 100 aniversario del descubrimiento de la radiactividad por Becquerel y el 26 de abril se cumplirá el 10 aniversario del accidente de Chernobyl. La SEPR es consciente de la incidencia de todos estos hechos sobre nuestra doctrina y, en consecuencia, ha tratado y tratará de dar atención preferente a temas relacionados

con algunas de estas manifestaciones en reuniones monográficas y en artículos a publicar en **RADIOPROTECCION**. En especial se dará cabida a los que sean consecuencia de la investigación científica y tecnológica de miembros de nuestra Sociedad. La notable investigación realizada en el CIEMAT a lo largo de 30 años sobre el medio ambiente de Palomares, que ha implicado exhaustivamente al suelo, aire, mar, productos agrícolas y a las personas que habitan y cultivan la zona, ha permitido concluir la no existencia de efectos perjudiciales a causa de la contaminación residual de plutonio en la zona y la deducción de conocimientos científicos y técnicos sobre el comportamiento de dicho elemento en los medios terrestre y marino.

Es especial el interés existente con respecto a las consecuencias del accidente de Chernobyl y la multitud de predicciones estremecedoras con respecto a la salud de las personas que se vienen produciendo en la prensa, producen cierta confusión en el público. Por ello consideramos adecuado recoger en nuestra editorial que las experiencias y estudios realizados en estos diez años han permitido deducir al Comité de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE sobre Protección Radiológica y Salud Pública que:

- 31 personas murieron durante el accidente o poco después y que otras 137 fueron tratadas del síndrome de radiación aguda.

- Se ha producido en la última década un incremento significativo de carcinoma de tiroides en niños, y hasta cierto grado en adultos, de las regiones contaminadas de la primitiva Unión Soviética. Incremento que mientras no se demuestre lo contrario debe atribuirse al accidente.

- Los carcinomas tiroideos en los niños se han presentado en edades comprendidas entre los 0 y 5 años cuando se produjo el accidente y en zonas con una gran contaminación de I-131.

- Dichos carcinomas tiroideos se han caracterizado por un período de latencia menor del esperado, por ser papilares y especialmente agresivos, con invasiones locales y metástasis distantes, como en pulmones, que los diferencian de los considerados normales. Se ha producido la muerte de 3 niños hasta la fecha.

- Por ahora no se ha producido incremento alguno en las leucemias, anormalidades congénitas, ni otras enfermedades inducidas por la radiación en el conjunto de la población y se considera improbable que la vigilancia de la población muestre un incremento significativo en la incidencia de cáncer.



ESTUDIOS DE BIOCINÉTICA PULMONAR DE PLUTONIO Y AMERICIO ASOCIADOS A PARTÍCULAS DE SUELO



El presente estudio tiene como primordial objetivo el conocimiento del comportamiento biológico de los isótopos de plutonio y americio asociados a partículas de suelo a consecuencia de un accidente aéreo que generó óxidos de Plutonio, así como su clasificación en relación a su comportamiento en contaminación interna por inhalación.

Para la consecución de este fin dos líneas de trabajo fueron diseñadas:

Obtención de las diferentes fracciones granulométricas del suelo contaminado.

Caracterización mineralógica de las mismas y posterior estudio de la asociaciones geoquímicas de plutonio y americio a lo largo de más de 22 años de permanencia en contacto con los componentes del suelo.

Determinación de parámetros biocinéticos de plutonio y americio asociados a distintas fracciones granulométricas de suelo mediante la realización de experimentos "in vivo" e "in vitro" y la comparación de los resultados obtenidos en ambos. Los experimentos "in vivo" han sido realizados por NRPB (UK) y los experimentos "in vitro" en CIEMAT (España); en ambos casos se han utilizado las fracciones de suelo obtenidas y caracterizadas en CIEMAT. Con los parámetros obtenidos se han calculado factores de dosis por inhalación y límites de incorporación anual (LIA) específicos de la zona estudiada.

En el presente trabajo sólo se incluyen las determinaciones y experimentos realizados en CIEMAT.

A. Espinosa, A. Aragón,
J. Martínez y C.E. Iranzo
CIEMAT-IMA-UGIA
Avda. Complutense, 22
28040 Madrid



The object of this study is to determine the biokinetic parameters of different Plutonium isotopes and Americium inhaled in the state in which they are found in the environment as a result of their deposition in the soil, from an aviation accident that generated different plutonium oxides.

To achieve this objective, two lines of work were planned.

One was the determination of the mineralogical composition and associations that plutonium and americium present in that soil 22 years after the nuclear accident.

Other studies were directed to determine the biokinetic of the plutonium isotopes and americium (contained in the dust) deposited tracheally and inhaled by laboratory animals (rats) and in vitro experiments by pulmonary leaching simulation. The in vivo tests have been developed in NRPB (U.K.) and the in vitro experiment, geochemical associations studies, assessment of internal doses to humans resulting from intake of plutonium and americium bearing dusts present in the contaminated area and establishment of ALIs for inhalation, were carried out in CIEMAT (Spain).

In this work only determinations and experiments carried out by CIEMAT are included as a part of the EU Project "INHALATION AND INGESTION OF RADIONUCLIDES" contract: FI3P-CT920064a.

INTRODUCCIÓN

A consecuencia del accidente aéreo que tuvo lugar en Palomares (Almería) en Enero de 1966, en el que se generaron óxidos de plutonio debido a la ignición de parte del material perteneciente a dos bombas termonucleares, permaneció, después de efectuadas las labores de descontaminación pertinentes, una contaminación residual de estos óxidos, que a lo largo de los años ha ido interactuando con los componentes del suelo.

La solubilidad biológica característica de los óxidos de plutonio es muy baja, sin embargo, las interacciones produci-

das durante este largo periodo de tiempo de permanencia en contacto con los componentes del suelo, pueden haber modificado este comportamiento de los isótopos de plutonio y sus descendientes (Am^{241}), al haberse formado otros compuestos de estos radionucleidos.

El propósito de este trabajo de investigación ha sido analizar el suelo de la zona de Palomares en el que existe contaminación de plutonio y americio con el fin de obtener un buen conocimiento geoquímico de los mismos, a la vez que poder determinar los porcentajes de disolución de los radionucleidos en una simulación de fluidos pulmonares. Estos

porcentajes de disolución permiten establecer la clase de compuestos existentes, según los criterios de ICRP, para el caso de contaminación por inhalación ocasionada por fenómenos de resuspensión natural o antropogénica (principalmente por prácticas agrícolas) en zonas contaminadas.

La información obtenida con estos experimentos es necesaria para realizar una correcta evaluación de la retención biológica de la asociación radionucleido-suelo en el pulmón tras una contaminación interna por inhalación, su paso a sangre y otros órganos, así como la fracción de la misma que se espera sea

excretada por orina. La interpretación de los datos de bioeliminación y el cálculo de dosis internas debidas a contaminación por inhalación se realizan de igual manera a partir del comportamiento biológico observado.

CARACTERIZACIÓN DE SUELO

Separación granulométrica

Diferentes fracciones granulométricas de muestras de suelos fueron obtenidas en los laboratorios de geología del CIEMAT mediante técnicas de maceración y dispersión ultrasónica en los siguientes rangos de tamaño de partícula:

$$\Phi \geq 1000 - 250 - 125 - 63 - 40 - 20 - 10 - 5 \geq \mu\text{m}$$

Las fracciones mayores de 63 μm fueron obtenidas por técnicas de tamizado con posterior lavado de las mismas, y las menores de 63 μm mediante el clasificador de aire "British Rema", utilizando un valor de densidad media de 2.7g/cc.

Análisis radioquímicos

Los análisis radioquímicos de plutonio y americio han sido realizados siguiendo procedimientos específicos normalizados del Instituto IMA (1). La determinación de concentración de actividad se ha realizado mediante medida en un espectrómetro alfa, con detectores de barrera de silicio de bajo fondo y alta resolución,

TABLA 1 DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO Y DISTRIBUCIÓN DE ACTIVIDAD EN CADA FRACCIÓN			
Fracción del suelo	Arcillas <5μm	Limos 5 - 63μm	Arenas > 63μm
Abundancia (%)	8,70	54,6	36,5
Actividad (%)	2,32	63,1	34,5
Actividad específica relativa [actividad (%) / abundancia (%)]	0,26	1,15	0,94

calibrado en energías en el rango 4-6 MEV con patrones de OAK-RIDGE National Laboratory. La recuperación radioquímica se ha calculado mediante la utilización de estandar interno de Pu²³⁶, Pu²⁴² y Am²⁴³ (Amershan).

Elección de muestras para los estudios realizados

El material utilizado ha sido seleccionado de las diferentes fracciones granulométricas procedentes de la zona de Palomares siguiendo dos criterios primordiales:

- Partículas menores de 5 μm , que constituyen la fracción mas importante para la contaminación interna del hombre, ya que al ser respiradas su depósito se realiza en las partes mas profundas del pulmón (partes bajas de bronquios, bronquiolos y alveolos pulmonares), no pudiendo ser eliminadas del mismo por pro-

cesos mecánicos. Su permanencia en el pulmón está condicionada a la solubilidad del compuesto en los líquidos tisulares (transportabilidad).

- Fracciones granulométricas mayores de 5 μm seleccionadas por su alta actividad específica en plutonio y americio. Estas fracciones pueden ser inhaladas, pero su depósito se efectúa en las partes más altas del aparato respiratorio y, en estas condiciones, gran parte de ellas son eliminadas por fenómenos de exhalación y deglución o bien a través del mucus.

Siguiendo estos criterios las fracciones seleccionadas fueron:

- Muestra 1: $\Phi < 5\mu\text{m}$
- Muestra 2: $125 < \Phi < 250\mu\text{m}$
- Muestra 3: $20 < \Phi < 40\mu\text{m}$
- Muestra 4: Muestra total del suelo



TABLA 2
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LAS FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS DEL SUELO

Tamaño (μm)	Clorita $d(\text{\AA})-14$	Illita Moscovita $d(\text{\AA})-10$	Cuarzo $d(\text{\AA})-4,24$	Calcita $d(\text{\AA})-3,03$	Dolomita $d(\text{\AA})-2,88$
$< 5 \mu\text{m}$	67,39	46,48	6,65	100,00	5,42
$5 < \Phi > 10$	58,70	72,24	11,97	76,78	10,54
$10 < \Phi > 20$	58,70	59,62	21,51	61,30	7,53
$20 < \Phi > 40$	84,78	97,18	55,43	65,33	24,90
$40 < \Phi > 63$	62,22	100,00	58,09	39,00	100,00
$63 < \Phi > 250$	80,43	93,43	84,92	49,54	54,81
$250 < \Phi > 1000$	41,30	33,80	100,00	73,99	19,58

Determinaciones granulométricas químicas y mineralógicas

Los componentes mayoritarios del suelo son arenas y limos, la proporción de arenas ($\Phi > 63 \mu\text{m}$) es de un 36.5% frente a un 54.6% de limos ($63 \mu\text{m} > \Phi > 5 \mu\text{m}$) y un 8.7% de arcillas ($5 \mu\text{m} > \Phi$). La distribución de actividad en arenas, limos y arcillas y su relación con la abundancia de estas fracciones se muestran en la tabla 1.

La composición química y parámetros físico-químicos (macroconstituyentes aniónicos y catiónicos) fueron determinados en muestras de suelos y aguas resultantes de maceración y lixiviación

de los mismos, mediante técnicas de plasma, cromatografía iónica, fluorimetría y absorción atómica entre otras. El Eh, pH y la conductividad se midieron en aguas de elutriación de los suelos.

Los análisis mineralógicos se realizaron mediante técnicas de microscopía óptica y difracción de rayos X (2). La segunda técnica se utilizó para analizar cada una de las fracciones granulométricas. El análisis mineralógico cuantitativo se basó en la intensidad de las bandas del espectro, dando un valor arbitrario de 100 a la mayor intensidad.

Los estudios químicos y mineralógicos mostraron que las especies químicas

predominantes en cada una de las fracciones granulométricas son SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 y CO_3^{2-} y los minerales más abundantes cuarzo, calcita, dolomita, clorita y moscovita-illita (tablas 2 y 3). Puede encontrarse una información más detallada en las referencias (3 y 4).

La concentración de actividad de plutonio y americio en cada muestra fue determinada mediante análisis radioquímico en distintas alícuotas de la extracción llevada a cabo sobre 10g de suelo previamente homogeneizado.

La actividad específica de cada una de las muestras seleccionadas se muestran en la tabla 4. La muestra 2, previamente a

TABLA 3
PRINCIPALES COMPONENTES QUÍMICOS DEL SUELO

Compuesto	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	SO ₄ ²⁻	MgO	K ₂ O	CO ₃ ²⁻
Abundancia (%)	44,0	12,5	14,8	3,8	1,1	2,1	2,6	15,9

su utilización para experimentos in vivo, fué molida hasta obtener un alto porcentaje en partículas <5µm. La fracción respirable (<5µm) así obtenida presentó una actividad específica menor a la de la muestra de procedencia como consecuencia de los distintos procesos a los que tuvo que ser sometida.

EXPERIMENTO "IN VITRO" DE SIMULACIÓN PULMONAR

El fin primordial de este experimento fué la obtención de parámetros de biocinética pulmonar (mediante simulación in vitro) de plutonio y americio asociado a suelo. Pequeñas cantidades (0.3g) de cada una de las muestras de suelo seleccionadas según el apartado 1.3 fueron introducidas en un tubo de membrana semipermeable sellado en los dos extremos. Cada tubo de membrana se situó dentro de un recipiente de plástico con 400ml de una solución fisiológica a pH de 7.3. Cada recipiente permaneció cerrado e introducido dentro de un baño termostático a 37°C de temperatura y sometido a un proceso de agitación durante treinta minutos cada dos horas y media

con el fin de simular las condiciones fisiológicas del pulmón. Cada semana la

solución utilizada fué reemplazada por otra de reciente preparación. Los líquidos así obtenidos junto con los residuos finales, fueron analizados para determinar su concentración en radionucleidos utilizando técnicas radioquímicas.

La composición química de la solución fisiológica empleada, estaba compuesta por sales minerales (NaCl, NH₄Cl, NaH₂PO₄, CaCl₂), aminoácidos (glicina, Na₃Cit) y H₂SO₄ disueltos en agua destilada y desionizada (5).

TABLA 4
ACTIVIDAD ESPECÍFICA DE LAS FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS DEL SUELO

Fracción granulométrica	Abundancia (%)	Actividad específica (Bq/g)	Abundancia en actividad (%)
< 5 µm	8,8	504+14	2,3
5 < Φ > 10	11,4	1333+79	8,0
10 < Φ > 20	8,8	1056+67	4,8
20 < Φ > 40	23,7	3370+210	41,9
40 < Φ > 63	10,8	1504+82	8,5
63 < Φ > 125	13,9	2183+99	15,8
125 < Φ > 250	4,6	6389+315	15,4
250 < Φ > 1000	2,9	904+42	1,4
Φ > 1000	15,2	254+9	2,0



TABLA 5
PROCEDIMIENTO DE LIXIVIACIÓN SECUENCIAL

Fracción extraída	Reactivo
Absorbida específicamente	0,05M Ácido acético
Ligada a M. O.	0,01M Na ₄ P ₂ O ₇
Ligada a óxidos y sesquióxidos	0,175M (CO ₂ NH ₄) ₂ /0 1M (CO ₂ H ₂) ₂
Residual	7,8M HNO ₃
Residual (fuertemente ligada)	HF + HNO ₃

En una primera etapa, el experimento (utilizando la fracción de suelo <5µm) se prolongó durante tres meses, observándose que el porcentaje total lixiviado no excedió del 0.5% del plutonio total con-

tenido en la muestra (ver figura 1). Una segunda etapa de simulación se llevó a cabo con otras dos alícuotas de la fracción <5µm durante un año. En las primeras semanas de este experimento fueron

extraídos porcentajes similares de Pu²³⁹⁺²⁴⁰ y Am²⁴¹, siendo mayor la cantidad extraída de Pu²³⁸ (ver figuras 2 y 3). Los porcentajes lixiviados, durante los primeros 140 días, de Pu²³⁹⁺²⁴⁰ y Am²⁴¹ fueron 0.58% y 0.32% respectivamente, y del 2% para el Pu²³⁸.

Seis meses después de iniciado el experimento, la solución fisiológica utilizada en una de las alícuotas de la muestra <5µm fue reemplazada por sucesivos reactivos específicos, con el fin de establecer las asociaciones geoquímicas de los radionucleidos no extraídos en el experimento de lixiviación pulmonar. La misma extracción secuencial se realizó en la segunda muestra después de permanecer ésta durante un año en el experimento de simulación pulmonar. El procedimiento de lixiviación secuencial utilizado fué el descrito por McLaren y Crawford (6) y modificado por otros

TABLA 6
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (multiplicativos) ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDAD DE Pu²³⁹⁺²⁴⁰ Y LOS MINERALES

Muestra	Clorita	Moscovita	Cuarzo	Calcita	Dolomita
1	0,82	0,90	-0,03	-0,56	0,45
2	0,85	0,90	0,31	-0,49	0,50
3	0,87	0,88	0,03	-0,55	0,50
4	0,97	0,74	-0,08	-0,15	0,21
5	0,75	0,41	-0,13	0,03	-0,07

autores (7-9). Un esquema del mismo se muestra en la tabla 5.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Esta lixiviación secuencial realizada en dos alícuotas de la fracción <math><5\mu\text{m}</math> (seis meses y un año después de iniciado el experimento de simulación pulmonar) mostró que las fracciones específicamente adsorbida y ligada a materia orgánica se habían reducido, llegando casi a desaparecer tras un año de simulación pulmonar. Estos resultados sugieren que las formas, intercambiable, específicamente adsorbida y ligada a materia orgánica, de los radionucleidos presentes en el suelo son las que con más facilidad se solubilizan mediante una solución fisiológica (ver figura 7). Estas fracciones representan menos del 4% de $\text{Pu}^{239+240}$ y 8% de Pu^{238} contenido en la muestra de suelo total.

Es importante señalar que los resultados del experimento de simulación pulmonar llevado a cabo con la fracción respirable (tres alícuotas) indican que la extracción de Pu^{238} , especialmente durante las cuatro primeras semanas, fué mayor que la extracción obtenida de $\text{Pu}^{239+240}$. Este fenómeno no se observó en las lixivitaciones pulmonares realizadas con las otras fracciones del suelo (ver figuras 4, 5 y 6). Una posible explicación a este hecho podría encontrarse en los trabajos realizados por Garland et al., (10) donde se justifica la mayor solubilidad de los óxidos de Pu^{238} respecto a la de los óxidos de Pu^{239} contenidos en

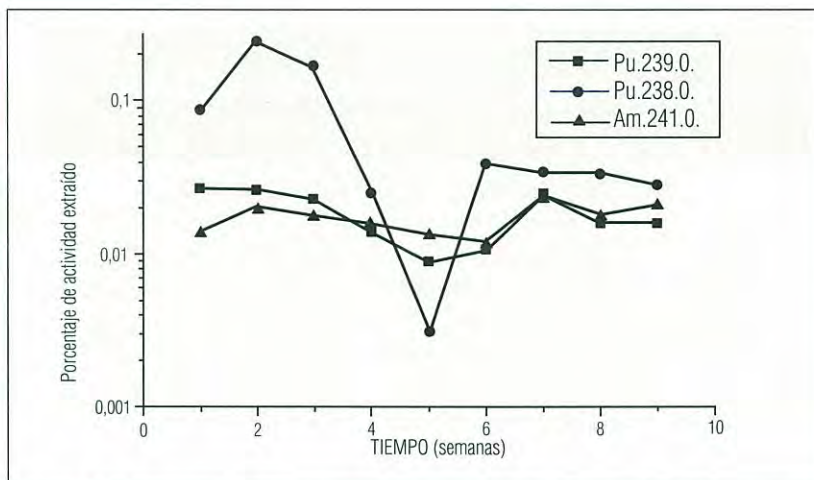


Figura 1. Porcentaje de actividad extraído en función del tiempo. Fracción respirable del suelo 0.

TABLA 7 CLASIFICACIÓN DE LOS RADIONUCLEIDOS ESTUDIADOS SEGÚN SU COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO		
Tipo ICRP 30 (66)	$\text{Pu}^{239+240}$	Am^{241}
Y (S)	87%	92%
W (M)	13%	8%

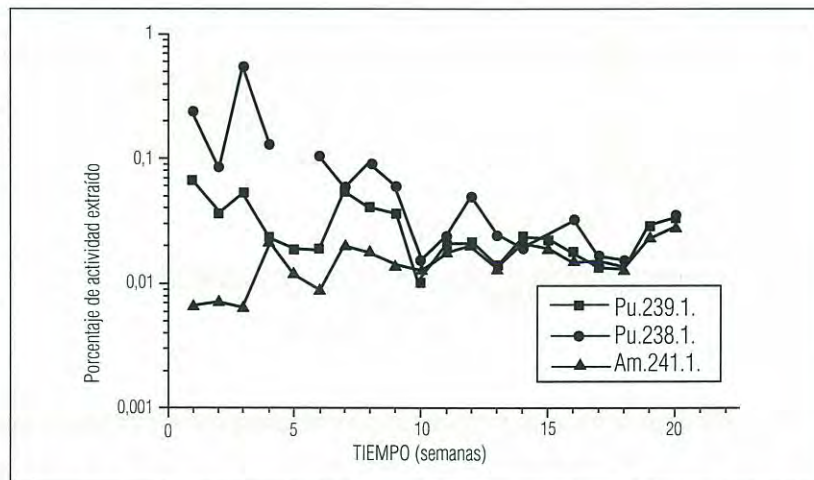


Figura 2. Porcentaje de actividad extraído en función del tiempo. Fracción respirable del suelo 1.

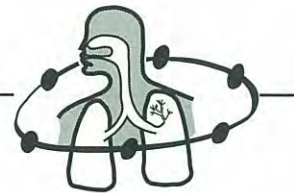


TABLA 8
FACTORES DE DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA PARA LA POBLACIÓN DE PALOMARES

Dosis comprometida efectiva mSv/Bq inhalado

isótopo	Niños (0-6 años)	niños (6-12)	adultos
Pu ²³⁹⁻²⁴⁰	0,15	0,09	0,06
Am ²⁴¹		7,4 x 10 ⁻³	8,6 x 10 ⁻⁴

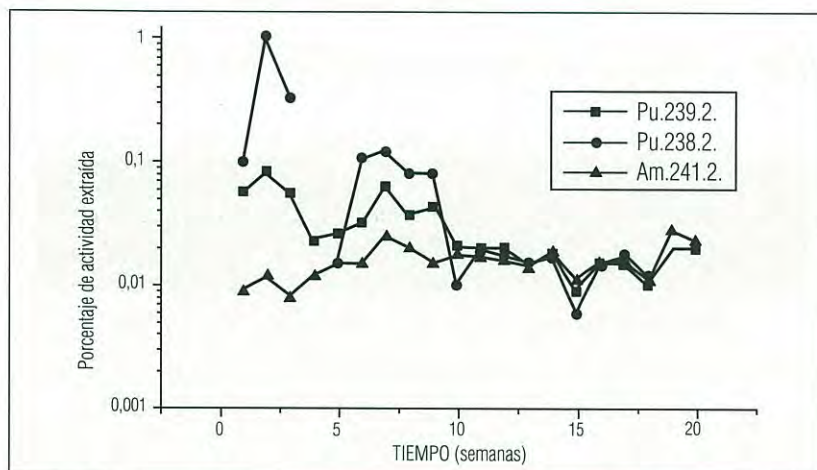


Figura 3. Porcentaje de actividad extraído en función del tiempo. Fracción respirable del suelo 2.

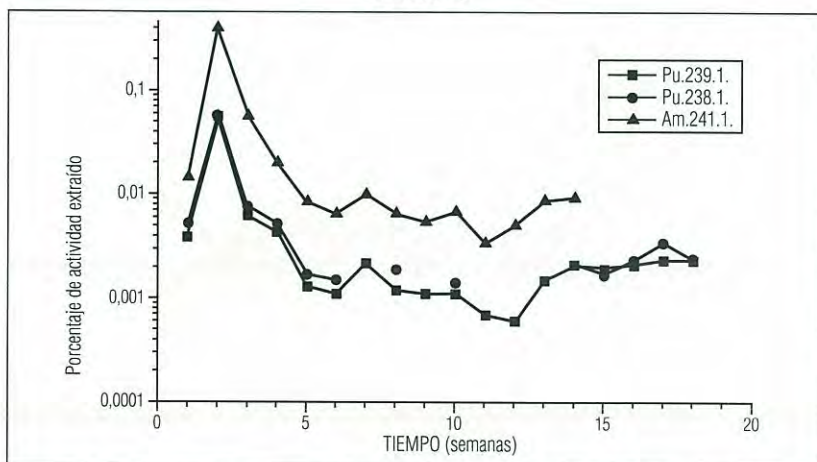


Figura 4. Porcentaje de actividad extraído en función del tiempo. Fracción del suelo entre 20-40 micras.

muestras de suelo, por la presencia de fenómenos de radiólisis producidos en algunos cristales, en los que se encuentra atrapado el radionucleido, como consecuencia de la mayor actividad específica del Pu²³⁸ (270 veces mayor que la del Pu²³⁹).

El porcentaje de actividad extraída durante el experimento de simulación pulmonar para la fracción respirable, durante las seis primeras semanas, fue muy similar para Pu²³⁹⁻²⁴⁰ y Am²⁴¹, siendo el porcentaje extraído de Pu²³⁸ cuatro veces mayor al de los anteriores radionucleidos. La diferencia se acentúa si únicamente tenemos en cuenta las tres primeras semanas.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran los resultados obtenidos con las muestras 2, 3 y 4 respectivamente. En cada uno de los casos se evidencia el similar comportamiento de los isótopos de plutonio y del Am²⁴¹(procedente del decaimiento del Pu²⁴¹), si bien la fracción de actividad extraída es mayor en el caso del Am²⁴¹. Este hecho es contrario a lo observado en la fracción respirable, donde el radionucleido más soluble resultó ser el Pu²³⁸.

El diferente comportamiento de la fracción respirable del suelo de Palomares en los experimentos de simulación podría ser justificado por su diferente composición mineralógica (ver tabla 2). Factores de correlación entre la concentración de actividad de plutonio en cada fracción granulométrica y la abundancia de los minerales mayoritariamente pre-

sentes en dichas fracciones fueron calculados en varias muestras y se muestran en la tabla 6. Estos factores indican la existencia de una buena correlación entre el nivel de actividad de plutonio y la abundancia de minerales como clorita e illita-moscovita. Ambos son filosilicatos formados por hojas de 14 y 10 (Ångströms de espesor respectivamente, unidas entre sí por cationes como K, Na, Fe, Mg. El plutonio y americio podrían estar adsorbidos en la superficie de estos minerales, si bien una proporción de los mismos podrían estar ocluidos o atrapados dentro de la estructura de la red cristalina, de acuerdo con los datos obtenidos mediante la extracción realizada después de un ataque con HF-HNO₃ durante el procedimiento de extracción secuencial.

Teniendo en cuenta la clasificación de los distintos compuestos de los radionucleidos definidas en ICRP, según el comportamiento de los mismos en contaminación interna, y utilizando los resultados obtenidos en los experimentos de simulación pulmonar "in vitro", se ha estimado la clasificación de la fracción inhalable de la asociación suelo-radionucleido en Palomares para los distintos isótopos de plutonio y americio. Esta clasificación se muestra en la tabla 7.

Los factores de Dosis Efectiva Comprometida específicos (F_{dec}) para la zona de Palomares, calculados a partir de la clasificación realizada tras los estudios de simulación pulmonar, utilizando las recomendaciones de ICRP son:

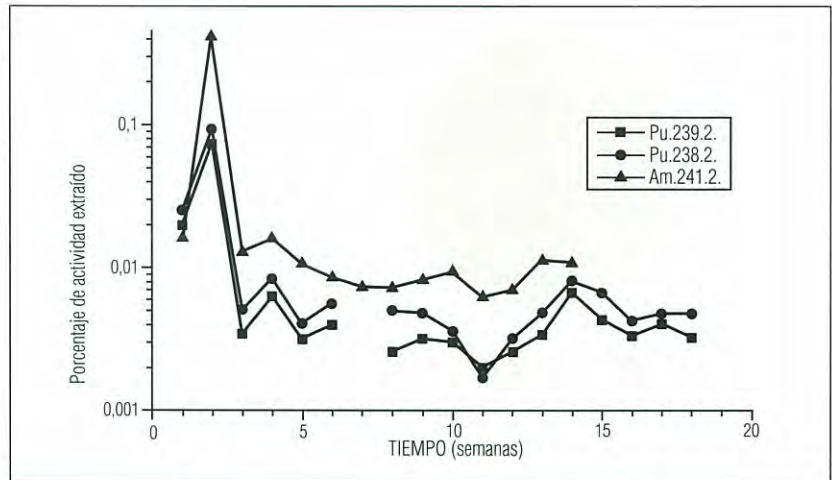


Figura 5. Porcentaje de actividad extraído en función del tiempo. Fracción 125-250 micras.

$F_{dec} \text{ Pu}^{239-240} = 0,0645 \text{ mSv/Bq}$
inhalado

LIMITE DE INCORPORACION ANUAL

$F_{dec} \text{ Am}^{241} + \text{Pu}^{241} = 0,0008 \text{ mSv/Bq}$
inhalados de Pu²⁴¹ (calculados de forma indirecta a través del Am²⁴¹ excretado).

El límite de incorporación anual (LIA) más restrictivo para el público (adultos) expuesto a inhalación de aerosoles contaminados (AMAD de 1 µm) por plutonio en el área de Palo-

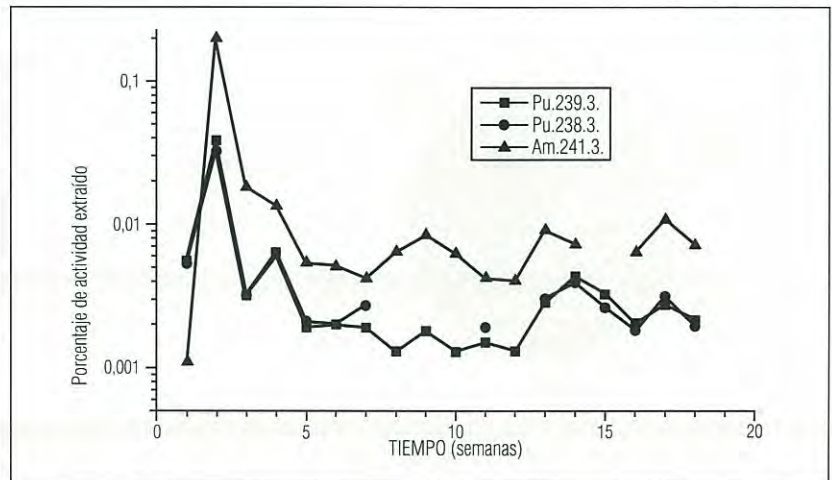


Figura 6. Porcentaje de actividad extraído en función del tiempo. Fracción total del suelo.

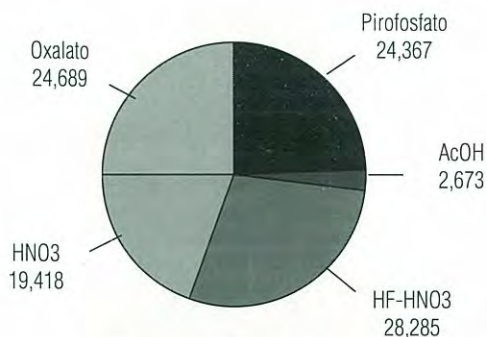


Fig. 7a. Porcentaje extraído de Pu-239 (S1)

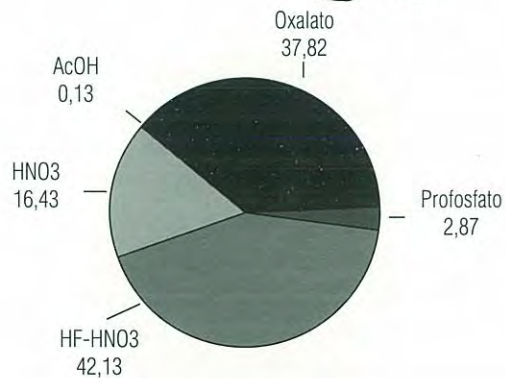


Fig. 7b. Porcentaje extraído de Pu-239 (S2)

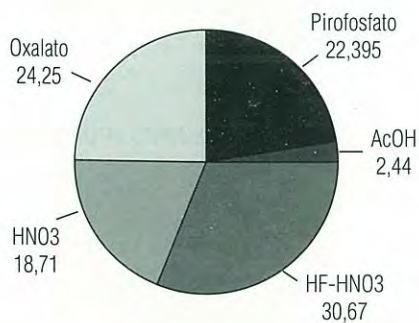


Fig. 7c. Porcentaje extraído de Pu-238 (S1)

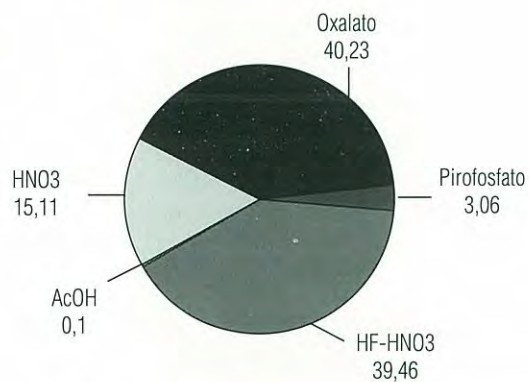


Fig. 7d. Porcentaje extraído de Pu-238 (S2)

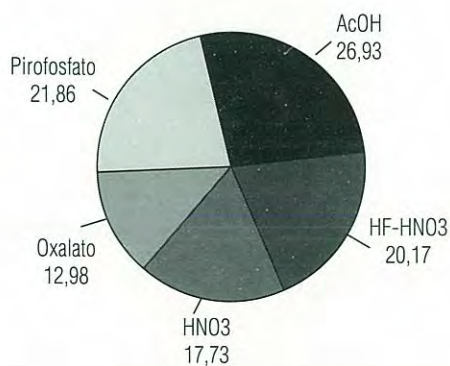


Fig. 7e. Porcentaje extraído de Am-241 (S1)

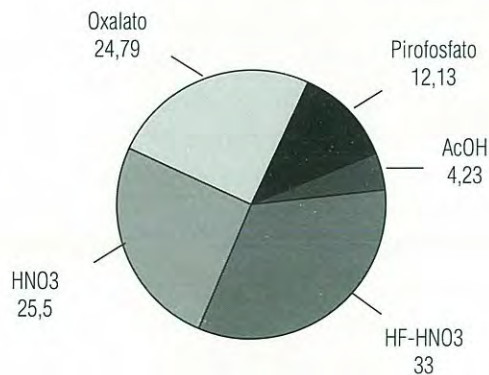


Fig. 7f. Porcentaje extraído de Am-241 (S2)

Figura 7. Porcentaje de actividad extraída con cada reactivo al aplicar el método de extracción secuencial después de seis meses (S_i) y un año (S₂) de simulación pulmonar.

mares, es de 15,5 Bq año⁻¹, correspondiente a una dosis efectiva comprometida (DEC) de 1mSv año⁻¹. Si se considera el nuevo modelo pulmonar (ICRP 66), para el Pu²³⁹⁺²⁴⁰ el factor de dosis efectiva comprometida es 0.0108 mSv/Bq y el límite anual de incorporación pasa a ser de 45 Bq, que corresponde a una DEC de 1mSv año⁻¹. En la tabla 8 se muestran los factores de dosis específica de los radionucleidos presentes en Palomares teniendo en cuenta un diámetro aerodinámico medio de partícula de 1µm para las diferentes edades de la población.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la especial colaboración prestada en estos estudios por los doctores Berta de la Cruz y Pedro Rivas (CIEMAT). También desean agradecer la financiación recibida a través de ENRESA y de la CE (proyecto de investigación "INHALATION AND INGESTION OF RADIONUCLIDES" FI3P-CT920064a) para llevar a cabo los trabajos aquí expuestos.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Espinosa, C.E. Iranzo. Procedimientos específicos para la determinación secuencial de Pu²³⁹⁺²⁴⁰ y Am²⁴¹ en muestras ambientales. CIEMAT-MA04. Revisión 1.
2. A. Parfenoff et al.. Les minéraux en grains. Méthodes d'étude et détermination. Masson et Cie (1970).
3. E. Mingarro, E. Iranzo, S. Salvador, C.E. Iranzo and P. Rivas. "Geochemical distribution of plutonium and americium in Palomares soil". Cycling of long-lived radionuclides in the biosphere. Observations and models, 2, 392-419 (1987)
4. P. Rivas, E. Iranzo, E. Mingarro, C. Marín, A. Espinosa and C.E. Iranzo. Distribution and migration of plutonium in soils of an accidentally contaminated environment. Radiochimica Acta 52/53, 249-256. (1991).
5. G.M. Kanapilly et al.. Measurement of an in-vitro dissolution of aerosol particles for comparison to in-vivo dissolution in the lower respiratory tract after inhalation. Health Phys. 24: 497-507 (1973).
6. R.G. McLaren, D.V. Crawford. Studies on soil copper. Y. The fractionation of copper in soils. J. Soil Sci. 24 (2), 174-181 (1973).
7. K.L. Lu et al.. Influence of water logging and time or organic matter additions on the distribution of trace metals in an acid soil. J. Manganese and Iron. Plant and Soil 59, 317-326 (1981)
8. G.T. Cook et al.. Geochemical association of plutonium in the Caithness environment. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 223 517-522 (1984).
9. Antón, A. Aragón. Procedimiento para la especiación de plutonio y americio en muestras de sedimento/suelo. Procedimiento específico nº PR-X3-05.
10. Garland and R.E. Wildung. Physico-chemical characterization of mobile plutonium species in soils. In Biological implications of metals in the environment. CONF-750929, NTIS. (1977)



DOSIS IMPARTIDA AL PACIENTE EN MEDICINA NUCLEAR DIAGNÓSTICA

S e pretende en este trabajo reevaluar la Dosis Efectiva (E) impartida a los pacientes sometidos a las exploraciones habituales en nuestro Servicio de Medicina Nuclear. Con este fin se ha revisado la bibliografía sobre el tema, haciendo especial hincapié en los nuevos radiofármacos aparecidos desde la publicación del ICRP53 (ampliación del ICRP62) y en el efecto de los nuevos pesos w_t asignados a cada órgano publicados en el ICRP60. Se indican también las estimaciones de dosis en útero. Se confirma que las exploraciones que más dosis individual imparten al paciente son aquellas realizadas con I-131.

A new evaluation of the Effective Dose (E) in patient for the most usual diagnostic Nuclear Medicine procedures in our department is considered. The related bibliography is reviewed and a special treatment is made for radiopharmaceuticals appeared since the ICRP53 publication (addendum in ICRP62). We have compared the results obtained using the new tissue weights published in ICRP60 with the older ones appeared in the ICRP26. The Equivalent Dose in uterus is also studied. We confirm that explorations using I-131 give the greatest individual Effective Dose.

José Bea Gilabert,
José Francisco Martí
Vidal
SERVICIO DE MEDICINA
NUCLEAR
Hospital Universitario "La Fe"
Avda. Campanar, 21
46009 Valencia

INTRODUCCION

Las exploraciones diagnósticas que precisan el uso de radiofármacos se han convertido desde hace ya varias décadas en una pieza más de lo que se ha venido llamando Diagnóstico por la Imagen. A pesar de tratarse de exploraciones de riesgo clínico despreciable, la incorporación al organismo de sustancias radiactivas hace que sea necesario determinar la Dosis Efectiva (E) impartida al paciente con el fin de disminuirla en lo posible siguiendo el criterio ALARA y, en consecuencia, reducir al mínimo los efectos estocásticos de la radiación. Es decir, si podemos estimar la dosis impartida al paciente en una misma exploración con dos radionúclidos diferentes, tendremos elementos de juicio para determinar cuál de ellos es preferible.

Respecto a las dosis individuales impartidas en cada exploración, utilizaremos la Dosis Efectiva tal como es definida en el ICRP60 (1)

$$E_i = H_i \cdot w_i$$

donde H_i es la Dosis Equivalente en un tejido u órgano determinado y w_i el "peso específico" asignado al mismo, que representa su radiosensibilidad.

Estos pesos han sido cambiados recientemente en el ICRP60 (véase la Tabla 1) por lo que es interesante comprobar el efecto de dicha variación en la Dosis Efectiva asociada a las técnicas diagnósticas en Medicina Nuclear.

TABLA 1
Factores de ponderación correspondientes a diferentes órganos o tejidos. Según el ICRP26, se debe asignar el factor "Resto del organismo" $W=0,3$ a la dosis media de los órganos más irradiados. Según el ICRP60, dicho factor se asigna al valor medio del resto de órganos irradiados; sólo en el caso de que uno de ellos reciba una dosis mayor que cualquiera de los órganos especificados se le asigna $W=0,025$, reservándose $0,025$ para la media de la dosis restante.

Pesos W		
Organo o tejido	ICRP 26	ICRP 60
Superficies óseas	0,03	0,01
Vejiga		0,01
Mama	0,15	0,05
Hígado		0,05
Esófago		0,05
Tiroides	0,03	0,05
Médula ósea	0,12	0,12
Colon		0,12
Pulmones	0,12	0,12
Estómago		0,12
Gónadas	0,25	0,20
Resto del organismo	0,30	0,05

Asimismo, desde la publicación del ICRP53 (2) han aparecido en el mercado diferentes radiofármacos que actualmente se utilizan con mayor frecuencia; sobre éstos la propia Comisión Internacional de Protección Radiológica realizó una ampliación del ICRP53 en 1991 [incluida en el ICRP62 (3)] que nosotros hemos completado con una exhaustiva revisión de la bibliografía aparecida desde dicho año.

DOSIMETRIA DE LOS RADIOFARMACOS

La dosis impartida por una actividad determinada de un radiofármaco inyectada en un paciente depende de múltiples factores, tal como se resume en el método estándar MIRD (4, 5):

- Biocinética del fármaco, que a su vez depende de que el paciente esté sano



TABLA 2
Ejemplo del cálculo realizado para la exploración Rastreo Oseo

Organos	Dosis/Actividad (microGy/MBq)	Dosis (mGy)	Pesos W ICRP60	Dosis Equivalente H(mSv)
Colon	4,8	3,56	0,120	0,43
Esófago	0,0	0,00	0,050	0,00
Estómago	1,2	0,89	0,120	0,11
Hígado	1,3	0,96	0,050	0,05
Mama	0,9	0,65	0,050	0,03
Médula ósea	9,6	7,10	0,120	0,85
Gonadas ^o	3,0	2,22	0,200	0,44
Piel	0,0	0,00	0,010	0,00
Pulmones	1,3	0,96	0,120	0,12
Superficie ósea	63,0	46,62	0,010	0,47
Tiroides	1,0	0,74	0,050	0,04
Vejiga	50,0	37,00	0,050	1,85
* Intestino delgado	2,3	1,70	0,025	0,04
* Riñones	7,3	5,40	0,025	0,14
Dosis Efectiva (mSv)				4,56
E / Actividad (mSv/MBq)				0,0062

Técnica:	Rastreo Oseo	
Fármaco:	HDP (Fosfato)	
Radioisótopo:	To-99m	A(MBq): 740
Dosimetría:	ICRP 53 (pág. 213)	

(*) Organos más irradiados

(°) $50\% D(\text{Testículos}) + 50\% D(\text{Ovarios}) = 0,5 \cdot 2,4 + 0,5 \cdot 3,5 \text{ microGy}$

o sufra una patología determinada, así como de su edad, sexo, etc.

- Radionúclido con el que se marca el fármaco.

- Actividad suministrada.

El método empleado consiste en determinar primero la cantidad de radiofármaco (y por ende de actividad) absorbida en

un órgano fuente, y entonces, conociendo el esquema de desintegración del radionúclido, determinar la dosis depositada en dicho órgano. La dosis depositada en el resto del organismo (órganos blanco) dependerá de la distancia que los separa del órgano fuente y del tipo de radiación emitida.

Los datos de la dosimetría han sido extraídos en su mayoría del ICRP53 (véase un ejemplo del cálculo en la Tabla 2); para el resto se indica la referencia correspondiente. En el cálculo se ha asumido que toda exploración se hace con igual frecuencia a hombres y mujeres, considerándose la dosis en Gónadas como la media de las dosis en testículos y en ovarios. Se observa que la exploración que mayor dosis imparte es la Gammagrafía de Corteza Suprarrenal, realizada con I-131-colesterol (Tabla 2).

Básicamente, todos los estudios revisados utilizan el ICRP53 como referencia, salvo (10) que utiliza directamente el método MIRD (Tabla 4). Destacan en este trabajo los nuevos datos para las exploraciones de SPECT cerebral con HMPAO y cardíaco con Isonitritos/Tetrofosmina, así como la exploración de glándula paratiroides con isonitritos y el Renograma con MAG3 (todos ellos marcados con Tc-99m).

A tenor de los resultados, siempre que la clínica lo permita, será preferible realizar los SPECT cardíacos con Tetrofosmina, ya que imparte una dosis al paciente considerablemente menor que los Isonitritos.

TABLA 3
Dosimetría específica de cada exploración. Se indica el radiofármaco, el radioisótopo (en caso de que no sea Tc-99m) y la actividad usualmente empleados en este servicio. En aquellos casos donde se indican explícitamente, los datos de la dosimetría están extraídos del ICRP53.

Denominación de la técnica	Radiofármaco/ Radionúclido	A (MBq)	E (mSv)	Referencias/ Comentarios
Angiografía cerebral	Pertecnetato sódico	740	14,1	Sin bloqueo
Angiografía cerebral	Pertecnetato sódico	740	3,9	Con bloqueo
Cisternogamagrafía	DTPA IN-111	37	2,7	
Gammagrafía Tiroides	Pertecnetato sódico	370	7,0	
Rastreo Tiroides Cuerpo Entero	Yoduro sódico I-131	185	12,5	Incorporado 0%
Rastreo Tiroides Cuerpo Entero	Yoduro sódico I-131	185	7332,4	Incorporado 55%
Gammagrafía Paratiroides	Isonitrilos (Mibi)	670	13,6	Referencia (6)
Glándulas salivares	Pertecnetato sódico	370	7,0	
SPECT cerebral: Perfusión	HM-PAO	740	8,4	ICRP 62
SPECT cardíaco reposo	Isonitrilos (Mibi)	740	15,0	Referencia (6)
SPECT cardíaco reposo	Tetrofosmina	740	9,0	Referencia (6)
SPECT cardíaco esfuerzo	Isonitrilos (Mibi)	740	12,0	Referencia (6)
SPECT cardíaco esfuerzo	Tetrofosmina	740	6,8	Referencia (6)
Rastreo óseo	HDP (fosfato)	740	4,6	
Estudios óseos con Galio	Citrato de Galio Ga-67	110	13,2	
Función ventricular equilibrio	Hematíes marcados	740	5,3	
Imagen positiva miocardio	PYP (pirofosfatos)	740	4,6	
Perfusión pulmonar	Microesferas albúmina	111	1,2	
Gamma Ventilación Pulmonar	DTPA	148	1,0	Referencia (7)
Estudio pulmonar - Galio	Citrato de Galio Ga-67	110	13,2	
Test dinámico digestivo	DTPA	20	0,1	
Detección mucosa gástrica	Pertecnetato sódico	370	7,0	
Gamma Hepatoesplénica	Sulfuro coloidal Sn	148	1,5	
Gamma Hepatobiliar	Derivados del IDA	222	6,3	Hígado sano
Gamma Hepatobiliar	Derivados del IDA	222	3,2	Hígado enfermo
Detección pérdidas digestivas	Hematíes marcados	370	2,7	
Tránsito esofágico	DTPA	20	0,1	
Renograma	DTPA	370	2,1	
Renograma	MAG3	370	2,9	ICRP 62
Gammagrafía renal DMSA	DMSA	148	1,4	
Gamma corteza suprarrenal	Yodocolesterol I-131	74	149,8	Incorporado 5%
Cistogammagrafía directa	DTPA	186	0,9	
Gamma médula suprarrenal	MIBG I-123	74	1,2	Tiroides bloqueado
Rastreo MIBG	MIBG I-123	185	3,1	Tiroides bloqueado
Cuerpo entero con Galio	Citrato de Galio Ga-67	110	13,2	



TABLA 4
Comparación de nuestros resultados con los obtenidos por otros autores

Denominación de la técnica	Dosis Efectiva / Actividad (mSv/MBq)					
	Este Trabajo	Otros Trabajos				
		ICRP 53	Ref. (8)	Ref. (9)	Ref. (10)	Ref. (11)
Angio cerebral con bloqueo	0,0053	0,0053		0,0063		
Angio cerebral sin bloqueo	0,019	0,013			0,0128	0,013
Cisternogammagrafía	0,073	0,12		0,14		
Gammagrafía Tiroides	0,019	0,013	0,011	0,0126	0,085	0,013
Rastreo Tiroides CT 0%	0,068	0,072	0,073			11
Rastreo Tiroides CT 55%	39,6	24		27,4	24	11
Gammagrafía Paratiroides	0,02			0,23 (1)	0,256 (1)	
Glándulas salivares	0,019	0,013		0,013	0,013	
SPECT cerebral con HM-PAO	0,0113	0,0093 (2)				
SPECT reposo isonitrilos	0,02	0,012				
SPECT reposo Tetrofosmina	0,012	0,0089				
SPECT esfuerzo isonitrilos	0,0163	0,0096				
SPECT esfuerzo Tetrofosmina	0,0092	0,0071				
Rastreo óseo	0,0062	0,008	0,007	0,008	0,009	0,008
Estudios óseos Galio	0,12	0,12	0,11	0,12	0,85	0,12
Función ventricular	0,0072	0,0085	0,007	0,0085		
Imagen posit miocardio	0,0062	0,008	0,007	0,008	0,009	0,008
Perfusión pulmonar	0,0105		0,016	0,011	0,011	0,012
Ventilación pulmonar DTPA	0,007					
Estudio pulmonar Galio	0,1208	0,12	0,11	0,12	0,65	0,12
Test dinámico digestivo	0,0057	0,0063		0,013		
Det. mucosa gástrica	0,019	0,013		0,013 (3)		
Gam Hepatoesplénica	0,0101	0,014	0,013	0,014	0,0086 (4)	0,014
Gamma Hepatobiliar	0,0283	0,024	0,02	0,024	0,029	0,024
Gamma Hepatobiliar (5)	0,0143	0,013				
Det pérdidas digestivas	0,0072	0,0086				
Tránsito esofágico	0,0057	0,0063		0,013 (3)		
Renograma DTPA	0,0057	0,0063		0,0049	0,0076	0,0063
Renograma MAG3	0,0079	0,007 (2)				
Gamma Renal DMSA	0,0095	0,016		0,016	0,014	0,016
Suprarrenal Corteza	2,0244	1,5			0,27 (6)	
Cistogammagrafía (DTPA)	0,005			0,013 (3)		
Suprarrenal Médula	0,0165	0,018				
Rastreo MIBG	0,0165	0,018				
Cuerpo Entero Galio	0,12	0,12	0,11	0,12	0,65	0,12

(1) Exploración realizada con Cloruro de Tl-201

(2) Dosimetría extraída del ICRP 62

(3) Exploración realizada con sulfuro coloidal

(4) Exploración realizada con fitato

(5) Hígado enfermo

(6) Exploración realizada con Se-75

TABLA 5
Comparación de la Dosis Efectiva relativa E/A obtenida con los pesos de ICRP26 con la obtenida con los pesos del ICRP60

Denominación de la técnica	E/A (mSv/MBq)			Comentarios/ Radiofármaco
	ICRP 60	ICRP 26	Variación (%)	
Angiografía cerebral	0,0053	0,0056	-5,4	CON agente bloqueante
Angiografía cerebral	0,0190	0,0130	46,2	SIN agente bloqueante
Cisternogramagrafía	0,0731	0,1155	-36,7	
Gammagrafía Tiroides	0,0190	0,0133	42,9	SIN agente bloqueante
Rastreo Tiroides Cuerpo Entero	0,0677	0,0743	-8,9	Bloqueado o inexistente
Rastreo Tiroides Cuerpo Entero	39,6344	23,8266	66,3	Incorporado del 55%
Gammagrafía Paratiroides	0,0203	0,0157	29,3	
Glándulas salivares	0,0190	0,0134	41,8	
SPECT cerebral: Perfusión	0,0113	0,0099	14,1	
SPECT cardíaco reposo	0,0203	0,0157	29,3	Isonitrilos
SPECT cardíaco reposo	0,0121	0,0103	17,5	Tetrofosmina
SPECT cardíaco esfuerzo	0,0163	0,0133	22,6	Isonitrilos
SPECT cardíaco esfuerzo	0,0092	0,0089	3,4	Tetrofosmina
Rastreo óseo	0,0062	0,0080	-22,5	
Estudios óseos con Galio	0,1200	0,1194	0,5	
Función ventricular equilibrio	0,0072	0,0080	-10,0	
Imagen positiva miocardio	0,0062	0,0052	19,2	
Perfusión pulmonar	0,0105	0,0111	-5,4	
Ventilación pulmonar	0,0070	0,0145	-51,7	Se aspira el 100%
Estudio pulmonar - Galio	0,1200	0,1208	-0,7	
Test dinámico digestivo	0,0057	0,0210	-72,9	Vaciado gástrico
Detección mucosa gástrica	0,0190	0,0133	42,9	Divertículo de Meckel
Gamma Hepatoesplénica	0,0101	0,0132	-23,5	
Gamma Hepatobiliar	0,0283	0,0218	29,8	Hígado sano
Gamma Hepatobiliar	0,0143	0,0137	4,4	Hígado enfermo
Detección pérdidas digestivas	0,0072	0,0780	-90,8	
Tránsito esofágico	0,0057	0,0056	1,8	
Renograma	0,0057	0,0063	-9,5	DTPA
Renograma	0,0079	0,0080	-1,2	MAG3
Gammagrafía renal DMSA	0,0095	0,0532	-82,1	
Gamma corteza suprarrenal	2,0244	1,5658	29,3	Yodo-colesterol
Cistogammagrafía	0,0050	0,0207	-75,8	DTPA
Gamma médula suprarrenal	0,0165	0,0197	-16,2	MIBG
Rastreo MIBG	0,0165	0,0197	-16,2	MIBG
Cuerpo entero con Galio	0,1200	0,1194	0,5	



TABLA 6
Estimación de la Dosis Equivalente impartida en útero

Denominación de la técnica	H/A mSv/MBq	A MBq	H mSv
Angiogammagrafía cerebral	0,0066	740	4,9
Gammagrafía de tiroides	0,0081	370	3,0
Rastreo de tiroides (1)	0,0540	185	10,0
Glándulas salivares	0,0081	370	3,0
SPECT cardíaco en reposo	0,0090	740	6,7
SPECT cardíaco en esfuerzo	0,0070	740	5,2
Rastreo óseo	0,0061	740	4,5
Estudios óseos con Galio	0,0800	110	8,8
Función ventricular en equilibrio	0,0047	740	3,5
Imagen positiva de miocardio	0,0061	740	4,5
Estudio pulmonar con Galio	0,0800	110	8,8
Detección mucosa gástrica ectópica	0,0066	370	2,4
Gammagrafía hepatobiliar	0,0120	222	2,7
Detección de pérdidas digestivas	0,0047	370	1,7
Angiorenograma	0,0079	370	2,9
Gammagrafía de corteza suprarrenal	0,4000	74	29,6
Gammagrafía de médula suprarrenal	0,0110	74	0,8
Rastreo M.I.B.G.	0,0110	185	2,0
Cuerpo entero con Galio	0,0800	110	8,8
RESTO DE EXPLORACIONES			<1

(1) Se realiza previamente al tratamiento con I-131 para ablación de restos tiroideos.
Se ha estimado una captación tiroidea = 0%

EFEECTO DE LOS NUEVOS PESOS ESPECIFICOS DE CADA TEJIDO

Un aspecto que debe ser revisado es el método de cálculo de la Dosis Efectiva debido a los nuevos pesos w_t asignados a cada tejido. Los cálculos mostrados en la bibliografía se han hecho con los w_t

antiguos del ICRP26 (12). En este trabajo se han usado los pesos del ICRP60 y se ha considerado como buena aproximación el tomar sólo los dos órganos más irradiados y darles a cada uno un peso $w_t=0,025$.

Evidentemente el peso de cada órgano

varía, y las variaciones son importantes en los casos de que un órgano muy irradiado varíe notablemente su peso; es el caso de la mama que reduce a una tercera parte su peso, o las gónadas que lo hacen un 20 %. Así mismo se consideraran ahora órganos con un peso determinado que antes se consideraban como "resto del organismo". Por ejemplo, en el caso del colon o el estómago se les asigna un peso 0,12, con lo cual estos órganos adquieren una mayor importancia.

Sin embargo, aparecen pesos fijos para la piel o el esófago, que sin embargo no tienen asociada una dosis en prácticamente ninguna de las referencias consultadas, por lo que hay un 6 % del peso total que no interviene en las estimaciones dosimétricas en Medicina Nuclear.

Una comparación entre ambos pesos se muestra en la Tabla 5, donde se observan las exploraciones para las cuales el efecto es importante:

- Exploraciones donde se puede administrar un agente bloqueante pero no se hace, por lo que un determinado órgano capta prácticamente toda la actividad.
- Aquellas en que los valores de la dosis son muy pequeños y repartida entre diferentes órganos, con lo que es mayor la imprecisión de la dosis y el efecto de los diferentes pesos. Este efecto en principio proviene de los cálculos Monte Carlo realizados (5) donde para estos

órganos el error estadístico del resultado debe ser bastante grande.

Para las exploraciones con Ga-67 el efecto es despreciable. De cualquier forma, estos cálculos son básicamente estimaciones con un amplio margen de error (las características y patología del individuo explorado pueden hacerlas variar considerablemente) por lo que estas variaciones no deben tomarse como un error.

DOSIS IMPARTIDA EN ÚTERO

Es importante ser capaces de determinar cual sería aproximadamente la dosis impartida en útero (13) (y por tanto en embrión) en el caso de que una paciente sometida a una exploración comunicara días después que se encontraba embarazada. Las estimaciones realizadas se indican en la Tabla 6, comprobándose que la exploración donde mayor Dosis se imparte es en la Gammagrafía de Corteza Suprarrenal (30 mSv). Sin embargo, hay que tener mayores precauciones con el Rastreo de Tiroides - Cuerpo Total y con las exploraciones con Ga-67, que son más frecuentes y así mismo imparten dosis elevadas en útero.

De cualquier forma, las dosis son del mismo orden o menores de las impartidas en exploraciones radiológicas con rayos X (Enema opaco o TAC abdominal). Todas las dosis impartidas en Medicina Nuclear estarían muy por debajo del límite establecido por el British

Institute of Radiology de 100 mSv por debajo del cual el embarazo puede seguir adelante (14).

CONCLUSIONES

La revisión de los factores de peso para el cálculo de la Dosis Efectiva no conlleva variaciones espectaculares en la misma, salvo para las exploraciones realizadas con I-131, permaneciendo todas ellas dentro de los márgenes permisibles de dosis impartida al paciente.

Una consecuencia de ello es que la dosis estimada en útero - y en consecuencia en embrión - es más baja que en determinadas técnicas de radiodiagnóstico, pero es recomendable hacer un test de embarazo previo a una exploración, especialmente si se trata de un radiofármaco marcado con I-131. Finalmente, los nuevos fármacos utilizados para SPECT cardíaco y cerebral imparten dosis relativamente pequeñas debido a que están marcados con Tc-99m.

Debe de indicarse, sin embargo, una reciente publicación del Comité MIRD (15) donde se desaprueba el uso de la Dosis Efectiva en dosimetría del paciente de Medicina Nuclear. Las razones estriban en que los pesos w_t de cada tejido se han establecido a partir del riesgo de aparición de efectos estocásticos (carcinogénesis y efectos hereditarios) en Personal Profesionalmente Expuesto en comparación con los riesgos que se sufren en otras profesiones.

Es decir, estamos utilizando factores de riesgo relacionados con el mundo laboral, sin tener en cuenta el beneficio que el paciente puede obtener al someterse a la exploración. Por tanto, en dicho artículo se recomienda el uso de la Dosis absorbida expresada en Grays.

De cualquier forma, y de acuerdo con las directrices de la UNSCEAR [16], todos los trabajos realizados hasta ahora indican el cálculo de la Dosis Efectiva y, para poder hacer una comparación con los mismos, hemos decidido seguir el mismo procedimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. ICRP Publication 60: "1990 Recommendations of the International Commission of Radiological Protection", (1990).
2. ICRP Publication 53: "Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals", (1987).
3. ICRP Publication 62: "Addendum 1 to Publication 53", (1991).
4. National Council on Radiation Protection Report No. 83: "The experimental basis for absorbed -dose calculations in medical uses of radionuclides", (1985).
5. National Council on Radiation Protection Report No. 84: "General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides", (1985).
6. B. Highley, F. W. Smith, T. Smith, H. G. Gemmell, P. Das Gupta, D. V. Gvozdanovic, D. Graham, D. Hinge, J. Davidson and A. Lahiri: Technetium-



- 99-m -1,2- bis [bis (2-Ethoxyethyl) Phosphino] Ethane: Human Biodistribution, Dosimetry and Safety of a New Myocardial Perfusion Imaging Agent, *J. Nucl. Med.* 1992; 34:30-38.
7. DTPA Acid Aerosol : MIRD Dose estimate Report No. 16, *J. Nucl. Med.* 33, (1992) 1717.
8. W. Huda and K. Gordon: Nuclear Medicine staff and patient doses in Manitoba (1981-1985), *Health Physics* Vol.56 No.3, (1989) 277.
9. A. Hernández-Vitoria, P.E. Millán Cebrián, S. Navarrete Campos y J. Banzo Marraco: Dosis absorbida de radiación en exploraciones de medicina nuclear y riesgos asociados, *Rev. Esp. Med. Nuclear*, 12.1(13-19), 1993.
10. M. De Sequera, A. Allende, C. Cárdenas, J. Hernández-Armas: Dosimetría en Medicina Nuclear Diagnóstica, Congreso de la Sociedad Española de Física Médica, (Tenerife 1993).
11. H. Mohammadi, F. Tabeie and M. Saghari: Trends of population absorbed dose from diagnostic nuclear medicine procedures in Iran: 1985-1989, *Health Physics* 68(4):503-508, 1995.
12. ICRP Publication 26: "Recommendations of the International Commission of Radiological Protection", (1976).
13. *Eur J Nucl Med* (1994) 21:BP41.
14. Diagnostic radiological exposure in early pregnancy and grounds for recommending abortion (British Institute of Radiology, 1974).
15. J. W. Poston for the MIRD Committee: Application of the Effective Dose Equivalent to Nuclear Medicine Patients, *J Nucl Med* 1993; 34:714-716.
16. J. Valentin: UNSCEAR data collections on medical radiation exposures: trends and consequences, *Radiat. Prot. Dosim.* Vol.57 (1995) pp. 85-90.



LIMITACIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE EFLUENTES RADIATIVOS EN LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS



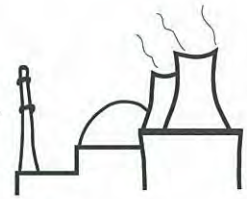
a legislación española establece los requisitos exigidos a las descargas de efluentes radiactivos, de modo que las dosis asociadas satisfagan el principio ALARA. Para dar cumplimiento a dichos requisitos, en los permisos de explotación de las centrales nucleares se establecen Límites y Condiciones, incorporados en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF).

El licenciamiento de las centrales nucleares españolas se produjo a lo largo de dos décadas, dando lugar a una gran diversidad tanto en la limitación como en la vigilancia y control de los

efluentes radiactivos, planteándose la necesidad de homogeneizar estas ETF.

El proceso de homogeneización, cuyas líneas generales y resultados se esbozan en el presente artículo, se ha llevado a cabo en dos etapas. En la primera, ya concluida, se han implantado en todas las centrales unas especificaciones de efluentes estándar; las ETF vigentes contienen el PROGRAMA DE CONTROL DE EFLUENTES RADIATIVOS que establece los aspectos fundamentales de la limitación de los vertidos, los requisitos exigibles a la instrumentación de vigilancia y control y las condiciones de operabilidad de los sistemas de tratamiento, todo lo cual se desarrolla en el MANUAL DE CALCULO DE DOSIS EN EL EXTERIOR. En la segunda etapa, actualmente en curso, se incorporarán las recomendaciones más recientes de ICRP.

Lucila M^a Ramos
Salvador
Jefe de la Unidad de
Efluentes y Sistemas de
Tratamiento.
Consejo de Seguridad
Nuclear.



The Spanish regulations set up the conditions to be met by the releases of radioactive effluents to satisfy the ALARA principle. In order to comply with those requirements, the Operation Permits of the Nuclear Power Plants include Limits and Conditions in the Technical Specifications.

The Spanish Nuclear Power Plants were licensed over a span of twenty years, causing a diversity in the limitation, surveillance and control of effluents that demanded the standardization of the radiological effluents technical specifications.

This paper summarizes the main issues and results of the standardization process, carried out in two stages. In the first stage a standard technical specifications have been implemented in all nuclear power plants; they contain the RADIOLOGICAL EFFLUENTS CONTROL PROGRAMS, where the discharge limits and the monitoring instrumentation and treatment systems requirements are laid down; the procedural details of the Control Programs are further developed in the OFFSITE DOSE CALCULATION MANUALS. In the second stage, already in process, the new recommendations of ICRP will be implemented.

LOS PRINCIPIOS DE LA LIMITACION DE VERTIDOS

El Sistema de Protección recomendado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica se basa en los tres principios de Justificación de toda práctica, Optimización de la protección y Limitación de las dosis individuales.

Los límites individuales de dosis para miembros del público, o Límites Básicos, tienen como finalidad garantizar que se satisfacen los objetivos de la protección radiológica. De acuerdo con las últimas recomendaciones de ICRP (Publicación nº 60)(1), se establece un valor límite de dosis efectiva de 1 mSv/año, aunque puede admitirse un límite de 5 mSv/año

siempre que el valor medio en cinco años no supere 1 mSv/año.

La emisión de efluentes radiactivos al medio ambiente constituye una fuente de exposición para el hombre, a la que aplica el Sistema de Protección, específicamente en lo relativo a optimización y limitación, ya que el principio de justificación se aplica a la práctica como un todo y no a partes de la misma consideradas individualmente. Dado que los límites de dosis tienen un carácter individual, con independencia de la fuente de radiación, se deberán considerar todas las fuentes que puedan afectar potencialmente al individuo.

Los sistemas de tratamiento de los

efluentes radiactivos han de ser objeto de optimización, incorporando los medios necesarios para reducir las emisiones a valores tales que una nueva reducción no mejore la relación coste-beneficio; sin embargo, los beneficios y detrimentos considerados en el proceso de optimización es improbable que recaigan sobre los mismos individuos, y una opción óptima a nivel colectivo puede dar lugar a niveles individuales de dosis considerados inaceptables.

En este contexto ICRP-60 introduce el concepto de Dosis Restringida (Dose Constraint), cuyo objeto es constituir un techo para las dosis individuales consideradas admisibles en el proceso de optimización, a fin de reducir a un nivel

aceptable la falta de equidad en la distribución de las dosis individuales asociadas a un determinado tipo de fuente; este concepto, si bien formulado por primera vez de forma explícita en ICRP-60, no es nuevo; su implantación supone un intento de racionalizar y consolidar una variedad de conceptos ya existentes en otras publicaciones de ICRP.

La dosis restringida no tiene el sentido regulador de un límite y por tanto no debería emplearse como tal; entre ambos conceptos existen claras diferencias: el límite aplica al individuo y tiene un carácter retrospectivo, mientras que la dosis restringida es un valor relativo a un tipo de fuente y se aplica con carácter prospectivo en la fase de diseño.

Los valores de dosis restringida pueden establecerse bien como resultado de un proceso genérico de optimización, o a partir de la experiencia de instalaciones bien gestionadas. En la mayoría de los países, la buena práctica ha conducido a la utilización de unos límites para la exposición del público muy inferiores al límite básico de dosis, considerando explícita o implícitamente un margen de seguridad que incorpora la incertidumbre de los modelos, la posible exposición debida a otras fuentes existentes o la incorporación de nuevas fuentes.

En términos generales, las legislaciones nacionales asignan a las autoridades reguladoras la capacidad de establecer límites específicos para una fuente de radiación o para una práctica determinada. En su determinación deben tenerse

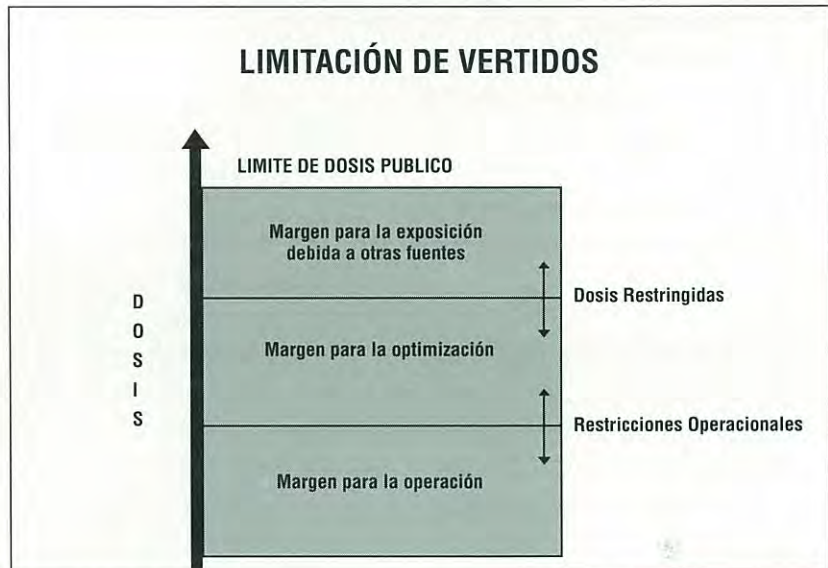


Figura 1.

en cuenta los límites individuales de dosis y el principio de optimización de la protección.

En la Figura 1 se presenta de forma esquemática el sistema de limitación.

MARCO LEGAL ESPAÑOL

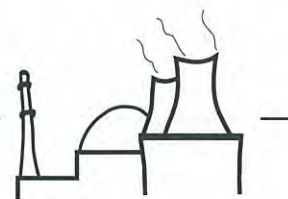
El Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RPSRI), al igual que la legislación de la Unión Europea, tiene sus fundamentos en las recomendaciones de ICRP, específicamente en los principios establecidos en la publicación número 26(2), estando prevista la incorporación de las recomendaciones de ICRP-60 en un futuro próximo.

El RPSRI especifica las normas de protección y las medidas fundamentales de vigilancia para los miembros del público,

estableciendo los límites básicos de dosis, límites secundarios (Límites de Incorporación Anual) y límites derivados en algún caso particular.

Los requisitos establecidos en el Reglamento en relación con la emisión de efluentes radiactivos al medio ambiente se recogen en los Títulos IV (Medidas de Vigilancia) y V (De los residuos radiactivos) y pueden resumirse en los siguientes puntos:

- La vigilancia para la protección del público debe basarse en la evaluación de las dosis que pudieran ser recibidas por el individuo que hace uso del entorno; dicha evaluación debe ser adecuada al riesgo que impliquen las actividades y tener, al menos, periodicidad anual.
- Los límites para la emisión de



efluentes radiactivos deben ser tales que las concentraciones de actividad de los radionucleidos que contienen y las dosis que pudieran producir en el público sean las más bajas posibles y siempre inferiores a los límites básicos de dosis o a aquellos límites inferiores establecidos en su caso por el CSN.

- Las instalaciones que puedan dar lugar a residuos radiactivos deben estar equipadas con sistemas de almacenamiento, tratamiento y evacuación independientes, debiendo ser objeto de revisiones adecuadas para evitar emisiones incontroladas.
- Toda evacuación de residuos radiactivos al medio ambiente requiere una autorización administrativa expresa y debe realizarse según las condiciones especificadas en dicha autorización.
- Con objeto de que no se alcancen los límites básicos de dosis o los establecidos por el CSN, las autorizaciones administrativas correspondientes deben fijar los límites y condiciones de emisión de efluentes radiactivos.

En definitiva, la legislación española requiere que las instalaciones dispongan de sistemas adecuados de tratamiento y evacuación, a fin de garantizar que las dosis debidas a los vertidos radiactivos cumplen el principio ALARA y son inferiores a los límites recogidos en las

correspondientes autorizaciones administrativas.

APLICACION A LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS

La aplicación rigurosa del criterio ALARA requiere realizar para cada instalación estudios complejos de optimización, mediante técnicas coste-beneficio u otras equivalentes. En la práctica, ante las dificultades inherentes a la asignación de un valor monetario al Sv-hombre, en la mayoría de los países se ha seguido el proceso inverso, es decir, se han establecido unos valores de dosis muy bajos que han servido de base para el diseño de los sistemas de tratamiento.

Dichos valores se suelen fijar como un pequeño porcentaje de los límites de dosis al público¹ y son generalmente muy conservadores, de modo que no es previsible que un estudio de optimización concreto de como resultado una dosis menor.

Los valores establecidos para las centrales nucleares españolas provienen de la normativa de los EE UU (país de origen de la tecnología de la mayoría de nuestras centrales) y son inferiores al 10% de los límites básicos. En la mayoría de los países de la Unión Europea se utilizan, así mismo, valores del orden del 10% de los límites básicos(3,4).

La Nuclear Regulatory Commission

(NRC) estadounidense efectuó una serie de estudios genéricos de optimización para los reactores de agua ligera de tecnología americana; estos estudios permitieron obtener unos valores de dosis que se incorporaron a la legislación (10CFR50)(5) como objetivos de diseño de los sistemas de tratamiento de efluentes. Por tanto, toda instalación de estas características cuyos sistemas de tratamiento satisfagan dichos valores genéricos, puede considerarse implícitamente optimizada; no obstante, podrían ser admisibles valores superiores siempre que sean el resultado de un proceso de optimización específico.

Durante la operación de la central estos valores de dosis, impuestos originalmente como base para el diseño de los sistemas de tratamiento, se aplican como Condiciones Limitativas de Operación, requiriéndose que durante el funcionamiento los sistemas cumplan los objetivos de diseño. Así mismo, en esta fase se define la instrumentación de vigilancia y los programas de muestreo y análisis de los vertidos necesarios para verificar el cumplimiento de las condiciones establecidas.

En resumen, de acuerdo con los requisitos reglamentarios, las centrales españolas disponen de sistemas de tratamiento de efluentes líquidos y gaseosos, en cuyo diseño se ha tenido en cuenta el principio de optimización, e incorporan

¹ Como referencia se ha tomado en algún caso la fluctuación de las dosis anuales de origen natural.

TABLA 1
LÍMITES DE VERTIDO ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS ESTÁNDAR

INSTANTÁNEOS (10CFR20)⁽¹⁾(9)				
Vertidos	Variable		Valor	
Gaseosos	Tasa de dosis equivalente al cuerpo entero		5 mSv/a	
Líquidos	Concentración zonas no restringidas		10CFR20	
INTEGRADOS (CONDICIONES LIMITATIVAS DE OPERACIÓN) (10CFR50)				
Vertidos	Variable		Valor	
			Trimestral ²	Anual
Gaseosos	Dosis Absorbida en aire (Gases Nobles)	Beta	100 µGy	200 µGy
		Gamma	50 µGy	100 µGy
	Dosis Equivalente a cualquier órgano (Radioyodos, partículas y H-3)			75 µSv
Líquidos	Dosis Equivalente	Cuerpo entero	15 µSv	30 µSv
		Organo crítico	50 µSv	100 µSv

(1) Normativa americana equivalente al RPSRI

(2) Como control adicional de las emisiones se establece un límite equivalente a la mitad del valor anual en un trimestre

la instrumentación necesaria para efectuar una adecuada vigilancia y control de los efluentes antes de su descarga al exterior.

LOS LÍMITES AUTORIZADOS

En los permisos de explotación de las CC NN españolas se establecen los Límites y Condiciones de funcionamiento, los

cuales se incluyen en las Especificaciones Técnicas.

El licenciamiento de las centrales nucleares españolas ha tenido lugar en el período de dos décadas comprendido entre finales de los años sesenta (José Cabrera) y finales de los ochenta (Vandellós II y Trillo); los avances tecnológicos y la evolución en materia de limitación

que tuvieron lugar en paralelo con su entrada en servicio, originaron una gran diversidad, tanto en la formulación concreta de los límites como en los requisitos aplicables a la vigilancia y control de los efluentes radiactivos.

Ante los problemas derivados de la falta de homogeneidad (dificultad para efectuar estudios comparativos de los



vertidos en las distintas centrales, complejidad en el seguimiento y evaluación de las emisiones por el CSN ...) se planteó la necesidad de estandarizar las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento relativas a los efluentes radiactivos a fin de establecer objetivos de protección similares, aplicando criterios equivalentes a todas las instalaciones y estableciendo un marco común que facilitara el seguimiento y control de los vertidos.

En efecto, con la entrada en funcionamiento de la central de Trillo, que se presentaba ya como el último proyecto en España de la actual generación de reactores nucleares, pareció llegado el momento de efectuar una revisión del sistema de limitación, vigilancia y control de los efluentes radiactivos en las centrales españolas. Dado que los diferentes tipos de límites vigentes se basaban en los modelos dosimétricos de ICRP-26, la revisión se planteó en dos fases:

- Estandarización de las Especificaciones de vertido
- Adaptación de los límites a las recomendaciones más recientes de ICRP.

Modelo de especificaciones estándar

En el proceso de estandarización se decidió adoptar como modelo las "Radiological Effluent Technical Specifications" (7,8) establecidas por la NRC para las centrales americanas.

En esta elección intervinieron varios factores; en primer lugar, el hecho de que estas especificaciones constituyen un sistema integral y coherente, que engloba todos los aspectos relativos a la limitación, vigilancia y control de los efluentes radiactivos, con una importante base documental que comprende desde los principios básicos hasta los procedimientos de detalle que los desarrollan; por otra parte, en el licenciamiento de algunas de las centrales más modernas se habían implantado, en mayor o menor medida, dichas Especificaciones, lo cual suponía una importante ventaja adicional; por último, este modelo es totalmente coherente con el sistema regulador español.

Las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento relativas a los efluentes radiactivos, contemplan los siguientes aspectos:

- La instrumentación mínima requerida para la vigilancia y control de los efluentes y sus requisitos de operabilidad, incluidas las pruebas de vigilancia y la determinación de los puntos de tarado de los monitores.
- Límites instantáneos de concentración para efluentes líquidos, definiéndose el programa de muestreo y análisis necesario para verificar el cumplimiento de los mismos.
- Límites instantáneos de tasa de dosis para efluentes gaseosos, y el correspondiente programa de muestreo y análisis.

- Las Condiciones Limitativas de Operación para efluentes líquidos y gaseosos, estableciéndose como requisito de vigilancia la obligatoriedad de estimar las dosis debidas a los vertidos.

- Requisitos de operabilidad de los sistemas de tratamiento, y la obligación de efectuar una proyección de las dosis con objeto de planificar el tratamiento de los efluentes antes de su descarga al exterior.

En la Tabla 1 se resumen los límites de vertido establecidos en el modelo adoptado en el proceso de estandarización.

Así pues, este modelo limita el valor máximo de concentración en cualquier descarga (límites instantáneos) y el vertido total de material radiactivo al medio ambiente en periodos prolongados de tiempo (límites trimestral y anual).

La combinación de ambos límites garantiza con un margen de seguridad muy amplio que ningún miembro del público recibirá dosis significativas como consecuencia de la emisión de efluentes radiactivos durante la explotación normal de una central nuclear española, a la vez que permiten la necesaria flexibilidad operativa.

Los límites instantáneos se establecen para facilitar la vigilancia y control de los efluentes de modo continuo y aplican al conjunto de las unidades en un emplazamiento; su superación implica la suspensión inmediata de las

descargas y sirven de base para calcular los puntos de tarado de los monitores de vigilancia de efluentes. Se expresan en magnitudes derivadas; para los efluentes líquidos se establecen límites de concentración máxima en el canal de descarga y para los efluentes gaseosos límites de tasa de dosis en el límite del emplazamiento, considerando las diferencias que existen entre líquidos y gases en cuanto a dispersión y vías de transferencia en el medio ambiente.

Dada su función, podrían aplicarse distintos criterios para establecer los límites instantáneos; en la práctica se fijan los valores medios anuales de concentración y de tasa de dosis, derivados de los límites de dosis al público; es decir, valores que teniendo en cuenta todas las vías de exposición darían lugar a una dosis total anual de 5 mSv por vía líquida y de 5 mSv por vía gaseosa al individuo adulto.

Los valores que recoge la tabla anterior están expresados en términos de dosis equivalente al cuerpo entero y al órgano crítico establecidos según los modelos metabólicos y dosimétricos de ICRP-2, en los cuales se basaba en ese momento la legislación americana.

Las Condiciones Limitativas de Operación aplican a cada unidad dentro de un emplazamiento y son mucho más restrictivas que los límites básicos de dosis, lo

que permite cierta flexibilidad en su aplicación práctica; esta flexibilidad significa que su superación no constituye en sí misma una violación de la normativa, sino un incumplimiento de un objetivo de diseño derivado de un proceso de optimización.

El sistema adoptado va aún más allá, requiriendo la operabilidad de los sistemas de tratamiento cuando las dosis previstas superen una pequeña fracción de las Condiciones Limitativas de Operación; de no existir este requisito podrían efectuarse vertidos de efluentes sin tratar siempre que las dosis debidas a los mismos fuesen inferiores a dichas Condiciones Limitativas.

Apenas iniciado el proceso de estandarización de las especificaciones de efluentes de las centrales nucleares españolas, la NRC publicó una Carta Genérica(10) proponiendo una reordenación de estas especificaciones, en el marco de los programas de reestructuración y mejora de las especificaciones técnicas de funcionamiento, a fin de que recojan solamente los aspectos básicos, cuyo desarrollo se transfiere a otros documentos de explotación.

En el caso de las especificaciones de efluentes, se establece el Programa de Control de Efluentes Radiactivos (PROCER) en el Capítulo de las Especificaciones relativo a Procedimientos y Programas, y se requiere que el mismo se

desarrolle en detalle en el Manual de Cálculo de Dosis en el Exterior (MCDE), cuyo contenido es el siguiente:

- La definición de los diferentes términos que recoge el documento
- Un plano del área restringida para el público y límites del emplazamiento².
- Una breve descripción de las vías de vertido para efluentes líquidos y gaseosos y su instrumentación de vigilancia
- El desarrollo del PROCER, incluyendo:
 - Las condiciones establecidas en relación con la emisión de efluentes, la instrumentación de vigilancia asociada y la operabilidad de los sistemas de tratamiento; las circunstancias en que son aplicables y las acciones a tomar si las condiciones no se satisfacen.
 - Los requisitos de vigilancia necesarios para garantizar que se cumplen dichas condiciones.
 - Los principios en los que se basa cada condición.
- Una descripción detallada de la metodología seguida en la estimación de las dosis al individuo crítico y en los cálculos de los puntos de

² Estos términos se definen con precisión en el propio documento

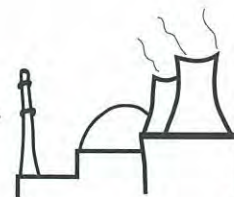


TABLA 2
EMISIONES DE EFLUENTES RADIATIVOS (GBq/GWh)¹

EFLUENTES GASEOSOS						
COMPONENTES	ESPAÑA (11)		PAISES UE (12)		USA (13)	
	PWR	BWR	PWR	BWR	PWR	BWR
Gasas Nobles	2,61E + 01	4,11E + 01	5,42E + 02	8,13E + 01	3,07E + 01	2,55E + 02
I-131	3,09E - 05	8,02E - 05	3,33E - 05	6,02E - 05	1,76E - 04	1,19E - 03
Partículas	2,19E - 04	1,08E - 04	6,08E - 05	6,82E - 05	7,37E - 04	2,87E - 03
Tritio	2,97E - 01	6,57E - 02	3,27E - 02	7,62E - 02	6,53E - 01	4,59E - 01
EFLUENTES LIQUIDOS						
COMPONENTES	ESPAÑA (11)		PAISES UE (12)		USA (13)	
	PWR	BWR	PWR	BWR	PWR	BWR
P. Fisión-Activación	6,16E - 03	2,13E - 03	1,34E - 01	4,47E - 02	1,27E - 02	1,35E - 02
Tritio	2,75E + 00	5,63E - 02	1,26E + 02	1,69E - 00	3,42E - 00	1,31E - 01

(1) Valores medios 1980-1994

tarado de los monitores de efluentes, así como los parámetros utilizados.

- Una relación de los procedimientos que desarrollan en detalle los requisitos establecidos.

Estas recomendaciones se incorporaron al caso español porque simplificaban notablemente el procedimiento administrativo, de modo que el CSN puede aprobar las modificaciones del MCDE mientras que el Ministerio de Industria aprueba las Especificaciones de Efluentes.

Adaptación al modelo

Si bien los medios y programas vigentes en todas las centrales garantizaban

una adecuada vigilancia y control, existían notables diferencias en cuando a los requisitos recogidos en las especificaciones y al nivel de desarrollo procedimental; la estandarización suponía la aplicación en todas las centrales de los mismos criterios en aspectos tales como:

- la instrumentación de vigilancia de efluentes requerida y las pruebas periódicas de la misma, cálculo de sus puntos de tarado y acciones asociadas a su superación.
- los programas de muestreo y análisis y la metodología utilizada en los cálculos de dosis.

Todo lo cual debía estar desarrollado en procedimientos sometidos al progra-

ma de garantía de calidad de cada instalación.

Por otra parte, la implantación de las nuevas especificaciones suponía el mantenimiento de unos límites de dosis basados en modelos dosimétricos antiguos, ya que tanto los límites vigentes como los establecidos en las especificaciones estándar se basaban en ICRP-2 y la adaptación a la reglamentación española, y por tanto a ICRP-26, no era inmediata.

Mientras que los límites instantáneos del 10CFR20 podían sustituirse por los valores derivados de los LIA de nuestro Reglamento, era necesario definir unos nuevos valores integrados de dosis basados también en ICRP-

26, a fin de que el sistema tuviera la necesaria coherencia; esto requería efectuar unos estudios muy detallados que iban a demorar el proceso de estandarización.

Adicionalmente, parecía inminente la publicación de las nuevas recomendaciones de la ICRP (ICRP-60 se publicaría meses después, en 1990) y se preveían modificaciones respecto a ICRP-26 que parecía conveniente tener en cuenta.

En esta situación, se decidió implantar en su totalidad el modelo seleccionado, estableciéndose en una primera etapa un marco común para todas las centrales, a partir del cual se irían incorporando los cambios necesarios en el momento oportuno, teniendo en cuenta que la protección del público estaba suficientemente garantizada.

En efecto, los vertidos de todas las centrales nucleares españolas son equivalentes a los de las centrales europeas y americanas de la misma tecnología, como se pone de manifiesto en la Tabla 2.

Las dosis debidas a los vertidos representan un 10% de las Condiciones Limitativas de Operación, y son generalmente inferiores al 1% de los límites básicos de protección al público, como se deduce de la Figura 2, donde se representan los valores medios de las dosis de todas las centrales en el período 1980-1994.

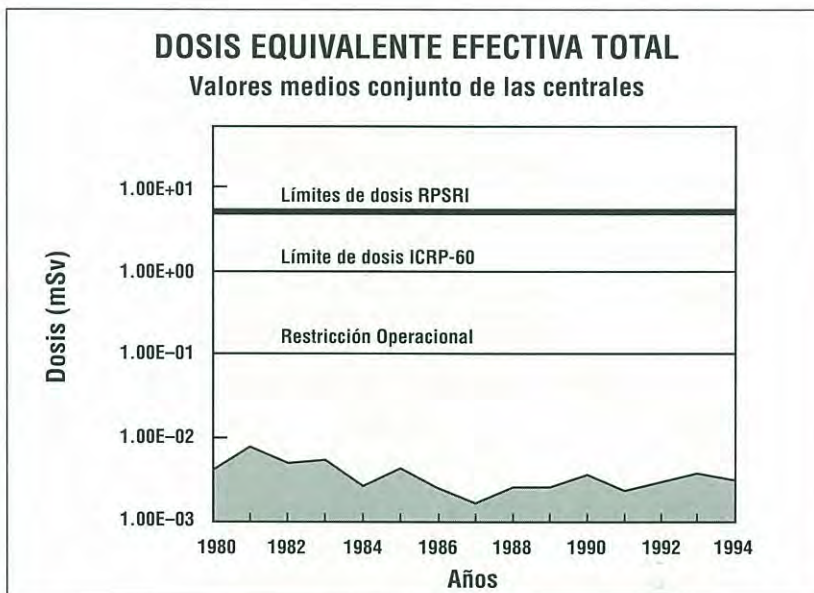


Figura 2

Tras la implantación de este modelo, las especificaciones de vertido de todas las centrales españolas incluyen en la sección de Procedimientos y Programas el PROGRAMA DE CONTROL DE EFLUENTES RADIATIVOS, desarrollado en el MANUAL DE CALCULO DE DOSIS EN EL EXTERIOR.

Actualización del modelo

Una vez concluido el proceso de homogeneización con la entrada en vigor de las nuevas Especificaciones de Efluentes y los Manuales asociados, se inició la segunda etapa; en esta fase se actualiza la limitación de los vertidos, no siendo preciso modificar el sistema de vigilancia y control excepto en algunos parámetros afectados por la nueva limitación.

Como objetivos para esta segunda etapa se propusieron:

- Clarificar el concepto de límite:

Los valores de dosis establecidos como Condiciones Limitativas de Operación no tienen el sentido regulador de un límite, aunque con frecuencia se han tomado como tal; en efecto, la denominación de "Límite" se ha aplicado tradicionalmente de forma indistinta a valores de muy diversa significación, magnitud y función en el esquema de la protección del público.

Este hecho y las posibles implicaciones legales inherentes al propio concepto de límite y su superación, aconsejaban un replanteamiento de la terminología utilizada, adoptándose los siguientes criterios:

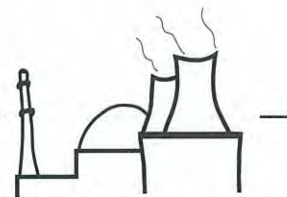


TABLA 3
NUEVA LIMITACION DE VERTIDOS

LIMITES INSTANTANEOS (RPSRI)		
Vertidos	Variable	Valor
Gaseosos	Tasa de dosis equivalente efectiva	5 mSv/a
Líquidos	Concentración zonas no restringidas	RPSRI (5 mSv/a)
RESTRICCIONES OPERACIONALES (Dosis integradas establecidas por el CSN)		
Vertidos	Variable	Valor
Total	Dosis equivalente efectiva	0,1 mSv/a
Gaseosos	Dosis equivalente efectiva	0,08 mSv/a
Líquidos	Dosis equivalente efectiva	0,02 mSv/a

- El término límite se aplica exclusivamente a los límites básicos de dosis y a los valores derivados de los mismos, cuya superación implica una suspensión inmediata de las descargas.
 - Las Condiciones Limitativas de Operación se denominan "Restricciones Operacionales", expresión propuesta en el seno de la NEA-OCDE³ para aquellas dosis inferiores a las dosis restringidas establecidas a efectos de control del funcionamiento de las instalaciones.
- Incorporar las recomendaciones de ICRP-26:

Si bien inicialmente se pretendía

incorporar las recomendaciones de ICRP-60, cuando en 1993 se planteó en el CSN el inicio de esta fase resultó evidente que la adaptación de la legislación de la Unión Europea, y por tanto de la española, a ICRP-60 se demoraría aún unos años.

En efecto, hasta la aprobación en septiembre de 1994 de las Basic Safety Standards(14) del OIEA, no han existido unos valores de los Factores de Conversión de Dosis por grupos de edad suficientemente consensuados; por otra parte, aunque el pasado mes de diciembre se alcanzó un acuerdo político para la aprobación de la Directiva sobre Normas Básicas de Protección Radiológica de la Unión Europea, el plazo máximo establecido

en la propia Directiva para la transposición de las Normas a las legislaciones nacionales es de cuatro años y no es previsible que tenga lugar antes de dos.

No obstante, la adaptación a ICRP-26 se ha planteado de tal forma que la futura incorporación de las recomendaciones de ICRP-60 pueda efectuarse de forma casi inmediata.

La realización de la segunda fase del proceso de estandarización de las Especificaciones de Efluentes ha supuesto:

-Definir los nuevos límites instantáneos para efluentes líquidos y gaseosos.

Como límites instantáneos de concentración para efluentes líquidos y de tasa de dosis para efluentes gaseosos se han establecido los derivados de los límites de dosis del Reglamento.

-Asignar a las Restricciones Operacionales unos valores de dosis basados en ICRP-26.

Estos valores se han definido teniendo en cuenta las primitivas Condiciones Limitativas de Operación y los vertidos de todas las centrales desde el inicio de su explotación, imponiéndose las siguientes condiciones a la dosis equiva-

³ Grupo de expertos del CRPPH de sobre dosis restringida y niveles de referencia.

lente efectiva total (efluentes líquidos y gaseosos) anual:

- ser inferior al valor propuesto en el CSN como dosis restringida para este tipo de instalaciones⁴.
- no superar el 10% del límite básico de dosis.

Tras los estudios realizados y teniendo en cuenta las condiciones anteriores se ha establecido una dosis equivalente efectiva total anual de 0,1 mSv; este valor no se verá modificado cuando se incorporen las recomendaciones de ICRP-60 a la reglamentación española, según se ha puesto de manifiesto en un análisis genérico efectuado.

A efectos de control de los sistemas de tratamiento, dicho valor se distribuye en los MCDE entre los efluentes líquidos y gaseosos, con un reparto indicativo de 20% a los primeros y 80% a los segundos.

En la Tabla 3 se resumen los nuevos límites de vertido.

EL NUEVO PROGRAMA DE CONTROL DE LOS EFLUENTES RADIATIVOS

Una vez establecidos los límites instantáneos y las restricciones operaciona-

les, se han definido las nuevas Especificaciones Técnicas de Efluentes, con los requisitos siguientes:

- Debe establecerse un Programa para controlar los efluentes radiactivos y para mantener las dosis al público debidas a los mismos, tan bajas como sea posible y siempre inferiores a los siguientes valores:

- 1) Un límite anual de dosis equivalente efectiva, referida a cualquier período de 12 meses consecutivos, de 1 mSv⁵.
- 2) Un límite anual de dosis equivalente para la piel y para cualquier otro órgano considerado individualmente, de 50 mSv, en cualquier período de 12 meses consecutivos.

Estos límites aplican a la suma de la dosis por exposición externa e interna integrada resultante de la incorporación de radionucleidos durante el período considerado.

- El Programa de Control de Efluentes debe desarrollarse en el MCDE, incluir las acciones a tomar cuando se excedan los límites establecidos en el mismo, y ponerse en práctica mediante los correspondientes pro-

cedimientos; su contenido debe ser el siguiente:

a) Instrumentación de vigilancia de efluentes radiactivos:

Se establecerá la operabilidad de la instrumentación de control de los líquidos y gases radiactivos, incluidas las pruebas de vigilancia y la determinación de los puntos de tarado, según la metodología del MCDE.

b) Límites instantáneos de concentración en efluentes líquidos:

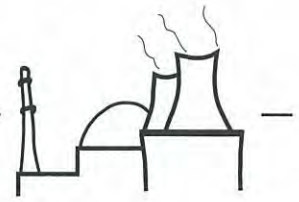
Se limitará la concentración de material radiactivo liberado en los efluentes líquidos al área no restringida, a los valores derivados a partir de las dosis correspondientes a cinco veces los límites especificados en el punto 1), o a partir de los límites especificados en el punto 2).

c) Límites instantáneos de tasa de dosis en efluentes gaseosos:

Se limita la tasa de dosis debida al material radiactivo liberado en los efluentes gaseosos en puntos situados en o más allá del límite del emplazamiento a los valores derivados a partir de las dosis correspondientes a cinco veces los

⁴ En 1993, tras un análisis de la situación a nivel internacional y teniendo en cuenta la propia experiencia española, se había establecido 0,3 mSv/año como valor genérico de dosis restringida para los miembros del público.

⁵ Se establece un límite de 1 mSv teniendo en cuenta que este valor se incorporará a corto plazo a nuestra legislación que a efectos prácticos se viene utilizando en la comunidad internacional de modo sistemático.



límites especificados en el punto 1), independientemente para gases nobles y para I-131, I-133, tritio y todos los radionucleidos en forma de partículas con período de semidesintegración mayores de 8 días.

d) **Requisitos de vigilancia, muestreo y análisis:** La vigilancia, muestreo y análisis de efluentes líquidos y gaseosos se realizará de acuerdo con los títulos IV y V del RPSRI, y según la metodología y parámetros del MCDE.

e) **Restricciones operacionales de dosis para efluentes radiactivos:** Se restringirá la dosis equivalente efectiva, a los miembros del público, debida al material radiactivo liberado en los efluentes líquidos y gaseosos por cada unidad, más allá del límite del área no restringida y del límite del emplazamiento respectivamente, a 0,1 mSv/año. A efectos de control, esta dosis se distribuirá entre los efluentes líquidos y gaseosos, según lo establecido en el MCDE.

f) **Estimación de las dosis:** Se determinarán, según la metodología y parámetros del MCDE, al menos cada 31 días:

1.-La dosis equivalente efectiva acumulada en los 12 últimos meses consecutivos.

2.-La previsión de dosis equivalente efectiva para el mes siguiente y los 11 meses consecutivos anteriores.

g) **Operabilidad de los sistemas de tratamiento de efluentes radiactivos:** Se garantizará la operabilidad y uso de los sistemas de tratamiento de efluentes líquidos y gaseosos con el fin de asegurar que se utilizan parcialmente o en su totalidad, para reducir la liberación de material radiactivo cuando la dosis equivalente efectiva prevista en 31 días exceda el 2% de los valores anuales de dosis por efluentes líquidos y gaseosos respectivamente, a que se refiere el apartado e).

CONCLUSIONES

En los permisos de explotación de las centrales nucleares se establecen los límites y condiciones exigidos a las descargas de efluentes radiactivos al medio ambiente, los cuales se incluyen en los Programas de Control de Efluentes.

Dichos Programas han sido revisados con vistas a su homogeneización y actualización, y en los mismos se definen:

- Los límites de dosis para la emisión de efluentes radiactivos, basados en la reglamentación española vigente y unos límites instantáneos derivados de los mismos.

- Las restricciones operacionales,

establecidas por el CSN en base a los objetivos de diseño de los sistemas de tratamiento de efluentes y a la experiencia operativa de las centrales nucleares españolas.

- Los requisitos de vigilancia y control necesarios para garantizar el cumplimiento de los límites y restricciones establecidas.

Este sistema de limitación de vertidos es coherente con la práctica anterior, cuya implantación progresiva ha conducido a unos valores reales de vertido muy inferiores a los límites autorizados y perfectamente homologables a nivel internacional.

La combinación de los límites instantáneos y las restricciones operacionales garantiza con un margen de seguridad muy amplio que ningún miembro del público recibirá dosis significativas como consecuencia de la emisión de efluentes radiactivos durante la explotación normal de una central nuclear.

REFERENCIAS

1. ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the ICRP. Pergamon Press. Oxford. 1990.
2. ICRP Publication 26. Recommendations of the ICRP. Annals of the ICRP 1. (3) (1977). Reprinted (with additions in 1987).
3. CEC. Radiation Protection Nº 42. Methods for fixing discharge limits

- from radioactive effluents from nuclear installations in the Member States. Luxembourg 1988.
4. EUR 15234EN. Radiation Protection Optimization. Achievements and opportunities. Proceeding of the Forth European Scientific Seminar held in Luxembourg. 20 to 22 April 1993.
 5. 10 CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Part 50. Appendix I - Numerical Guides for Design Objectives and Limiting Conditions for Operation "As Low as is Reasonably Achievable" for Radioactive Material in Light-Water-Cooled Nuclear Power Reactor Effluents. US NRC.
 6. ICRP Publication 2. Report of Committee I on Permissible Dose for Internal Radiation, Pergamon Press, Oxford (1959).
 7. NUREG-472. Standard Radiological Effluent Technical Specifications for Pressurized Water Reactors. March 1982.
 8. US NRC NUREG-473. Standard Radiological Effluent Technical Specifications for Boiling Water Reactors. March 1982.
 9. 10 CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Part 20. - Standards for Protection against Radiation. US NRC
 10. Generic Letter 89-01. Guidance for the Implementation of Programmatic Controls for RESTS in the Administrative Controls Section of Technical Specifications and the Relocation of Procedural Details of Current RETS to the Offsite Dose Calculation Manual or Process Control Program
 11. Barahona M.J., Ramos L.M. International Conference on Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk. Paris. 25-28 October 1994.
 12. NUREG/CR-2907. Radioactive Materials Released from Nuclear Power Plants. Annual Reports. US NRC.
 13. EUR 15928EN. Radioactive Effluents from Nuclear Power Stations and Nuclear Fuel Reprocessing Plants in the European Community. 1977-86. Radiation Protection 77.
 14. Safety Series n° 115-I. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA, Vienna, 1994.



LA EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS ECONÓMICAS DE LOS ACCIDENTES NUCLEARES. UNA PUESTA AL DÍA



El artículo trata de ofrecer una perspectiva amplia sobre las metodologías para evaluar el impacto económico de los accidentes nucleares sobre el entorno de las instalaciones. Para ello, se revisan los elementos que pueden contribuir a dicho impacto, fundamentalmente la aplicación de medidas de protección frente a la contaminación radiactiva: movimientos de población, descontaminación, restricciones al consumo y producción de alimentos; además de los daños a la salud, si fuera el caso. También se presentan las características básicas de los modelos y códigos de cálculo existentes a nivel internacional, incluyendo los desarrollos más recientes así como la comparación de sus resultados. A lo largo del artículo son esbozadas algunas aplicaciones de este tipo de estudios en distintos campos.

The paper is intended to offer a wide perspective on the methodologies for assessing the off-side economic consequences of nuclear accidents. The elements which can contribute to the cost are first reviewed, namely the application of countermeasures against radioactive contamination: population movements, decontamination, food bans; together with the resulting health effects if this is the case. The basic characteristics of the existing models and codes are also presented, including the most recent developments and intercomparisons of results. Some applications of this kind of studies in different fields are outlined.

Eduardo Gallego Díaz
Profesor Titular de la
Universidad Politécnica de
Madrid.
Departamento de Ingeniería
Nuclear. Escuela Técnica
Superior de Ingenieros
Industriales.
C/ José Gutiérrez Abascal, 2.
28006 Madrid.

INTRODUCCIÓN

Al estudiar las consecuencias producidas por un escape significativo de material radiactivo al medio ambiente se pueden encontrar efectos sanitarios, ecológicos, económicos, sociales y políticos de mayor o menor importancia, según la magnitud del suceso, y no siempre en relación lineal a la cantidad de material descargado. Limitándose a los efectos económicos, éstos pueden ser de tipo directo, normalmente asociados al coste producido por la aplicación de medidas de protección de la población frente a la contaminación radiactiva y al de los daños a la salud si fuese el caso, o de tipo indirecto, que serían aquellos que se presentarían fuera de las zonas directamente afectadas por la contaminación o por las medidas correctoras, y cuya cuantificación ofrece muchas más dificultades, sobre todo desde una perspectiva previa al posible accidente, ya que en ella pueden intervenir numerosos factores no siempre conocidos *a priori*.

Desde hace ya una veintena de años, con la publicación del *Reactor Safety Study* (1), se viene prestando atención a la evaluación del impacto económico de los accidentes nucleares sobre el entorno de las instalaciones. Inicialmente en el

marco de los *Análisis Probabilistas de la Seguridad (APS)*, herederos de la metodología del *Reactor Safety Study*, y más recientemente por su interés de cara a una adecuada planificación de las medidas de protección aplicables para limitar el impacto radiológico de los posibles accidentes, así como para mejor cuantificar las coberturas exigibles por responsabilidad civil frente a terceros, o los costes externos de la energía nuclear. Sin duda, todo ello se ha visto impulsado fuertemente por el aldabonazo que supuso el accidente de Chernobyl.

No obstante, a pesar de la inquietud existente por el tema, y de los desarrollos efectuados recientemente, aún subyace la opinión de que falta madurez en la forma de tratarlo y en los modelos existentes. Para que el lector pueda formar su propia opinión, en este artículo se intenta reflejar, en primer lugar, cuáles serían los elementos que pueden contribuir al impacto económico de los accidentes, fundamentalmente la aplicación de medidas de protección frente a la contaminación radiactiva, o intervenciones, junto con los daños a la salud, si fuera el caso. Se presentan seguidamente las características básicas de los modelos y códigos de cálculo existentes en el mundo, incluyendo los desarrollos más recientes, realizados en el marco del *Programa de Investigación en Radiopro-*

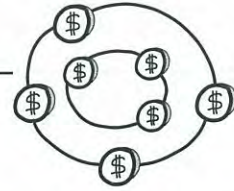
tección de la Comisión Europea. Por último, se exponen brevemente algunos ejercicios de intercomparación realizados con dichos modelos, que ayudan a acotar la incertidumbre existente en sus resultados.

EL COSTE DE LOS ACCIDENTES NUCLEARES. DEFINICION Y LIMITACIONES

La definición del "coste" de un accidente normalmente abarca un concepto más amplio que el simple impacto monetario directo del mismo. Representaría el bienestar perdido o, si se quiere, el beneficio negativo derivado del accidente, y podría cuantificarse mediante la cantidad de dinero a pagar para restablecer el nivel de bienestar previo al accidente, si bien, dicho restablecimiento no tendría porqué producirse, o podría incluso resultar imposible. De esta forma, el coste total incluiría no sólo el impacto monetario, sino también otros aspectos más personales, como el sufrimiento o la degradación en la calidad de vida. El coste total del accidente estaría constituido por la suma de beneficios perdidos, extendida a todos los individuos, empresas y organismos públicos.

Aparte de la propia naturaleza de ciertos elementos que formarían parte del

¹ Se llaman técnicas de descuento aquellas utilizadas para estimar el valor actual de una inversión, lo cual representaría la cantidad de dinero a invertir hoy para poder cubrir el coste total esperado después de una serie de años.


TABLA 1
MEDIDAS DE PROTECCIÓN FRENTE A LAS DISTINTAS VÍAS DE EXPOSICIÓN CONSIDERADAS HABITUALMENTE EN LOS MODELOS DE ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

VÍAS DE EXPOSICIÓN		MEDIDAS DE PROTECCIÓN		FASES TEMPORALES
Expo- sición Externa	Irradiación Directa desde la Nube Radiactiva	– Confinamiento	– Evacuación	INICIAL
	Contaminación de Piel y Ropas	– Protección personal – Descontaminación de personas	– Confinamiento – Evacuación	INICIAL
	Contaminación del Terreno y Superficies	– Confinamiento – Evacuación	– Traslados temporales – Descontaminación – Traslado definitivo	INICIAL INTERMEDIA RECUPERACIÓN
Expo- sición Interna	Inhalación de Radionucleidos de la Nube Radiactiva	– Confinamiento – Evacuación	– Profilaxis con yodo estable – Protección personal	INICIAL
	Inhalación de Radionucleidos Resuspendidos	– Descontaminación (y fijación de partículas)	– Traslados temporales – Traslado definitivo	INTERMEDIA RECUPERACIÓN
	Ingestión de Alimentos Contaminados	– Destrucción alimentos (1 ^{er.} año)	– Descontaminación suelos – Prohibición cultivos	INTERMEDIA RECUPERACIÓN

coste, según se acaba de definir, que hace que su cuantificación económica resulte imprecisa, cuando no polémica, la estimación de las consecuencias económicas de un accidente nuclear está sujeta a distintas limitaciones, tanto temporales como espaciales.

Mientras que algunos impactos se pre-

sentarán inmediatamente después del accidente y tendrán una duración breve, otros pueden perdurar muchos años, o manifestarse después de transcurrido mucho tiempo. Para poder comparar su coste, lo habitual es emplear técnicas de descuento¹, algo sobre lo cual los economistas no muestran total unanimidad cuando se trata de costes medioambien-

tales o sanitarios. No obstante, para compensar el evidente desfase temporal entre unos y otros efectos, existe un cierto consenso con respecto a la utilización de tipos de descuento normales (sobre el 10 % anual) para los bienes sujetos al mercado, mientras que para los daños a la salud o al medio ambiente, sería preferible utilizar un tipo muy reducido (entre

el 1 % y el 3 % anual) a medio plazo, y ningún descuento para efectos a muy largo plazo, evitando la anulación de su coste. Por otra parte, la incertidumbre de las predicciones aumenta enormemente cuando se analizan efectos a largo plazo, dada la concurrencia de múltiples factores inciertos y la imperfección del conocimiento existente.

En el ámbito espacial, cuando se evalúan consecuencias de accidentes muy graves, afectando a distintos países o regiones, en ocasiones con sistemas económicos muy dispares, es necesario combinar datos de diferentes fuentes, no siempre homogéneas. Un caso evidente lo supone el accidente de Chernobyl, para el cual únicamente se dispone de información precisa sobre un impacto económico a nivel de ciertos países, como los nórdicos (2).

Por último, existirán efectos de muy difícil cuantificación, bien de tipo medioambiental (piensese por ejemplo en la pérdida del uso recreativo de parajes naturales) o social, tales como la pérdida de imagen de la zona próxima al accidente o incluso de todo el país, que generalmente no son ni siquiera tratados en los modelos existentes.

COSTE DE LAS MEDIDAS DE PROTECCION

Todos los modelos disponibles evalúan los costes directos de las medidas de

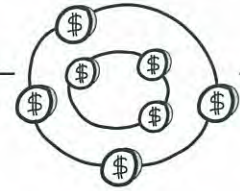
protección adoptadas para limitar la exposición individual y colectiva a los contaminantes radiactivos. En la Tabla 1 se presenta un esquema típico de las medidas de protección supuestas en ese tipo de modelos, para evitar la exposición por las vías más relevantes tanto durante la fase inicial de la emergencia, como a largo plazo, en la llamada fase de recuperación. Dicha evaluación forma parte del proceso de decisión que permitiría alcanzar niveles óptimos de intervención. Según las recomendaciones internacionales más recientes para la intervención en caso de accidente (3, 4), una vez garantizada la no aparición de efectos deterministas graves, las medidas de protección frente al riesgo de efectos estocásticos *deberían producir más beneficios que daños, es decir, la reducción del detrimento debida a la reducción de la dosis debería ser suficiente para justificar el daño y los costes, incluidos los costes sociales, de la intervención (ref. 3, punto R19)*, añadiendo a continuación el requisito de optimizar la intervención de manera que se maximice el beneficio neto. Los factores a considerar a la hora de definir los términos "daño" y "beneficio" deben incluir, obviamente, tanto el detrimento radiológico evitado como el coste monetario directo de la intervención, *así como otras consecuencias, tal vez menos cuantificables, como la perturbación social o la ansiedad y traumas que pudieran sufrir los individuos*. Se comprende por tanto el interés en disponer de modelos para evaluar las

consecuencias económicas de las medidas de protección en este contexto.

No obstante, algunas medidas de protección supuestas, tales como la protección personal durante la emergencia, la descontaminación de personas o la profilaxis con yodo estable, tendrían una escasa o nula repercusión económica, por lo que el análisis de su coste suele quedar directamente excluido de los modelos. El resto de las medidas indicadas en la Tabla 1, pertenecen a tres clases de naturaleza bien distinta: las que implican una restricción de movimientos o imponen el desplazamiento de la población, la descontaminación de suelos y otra superficies, y las que afectan a la producción o consumo de alimentos.

Movimientos de población

En esta primera categoría se incluirían aquellas medidas de protección que afectan directamente a la población, restringiendo o forzando su movimiento. Estas son, durante la fase inicial de la emergencia, la evacuación y el confinamiento y, a más largo plazo, el traslado a zonas libres de contaminación. Aparte de las medidas organizadas por las autoridades, pueden presentarse comportamientos no controlados, incluyendo movimientos espontáneos de la población, lo cual sería un factor de incertidumbre en las estimaciones de los modelos. Existen algunas experiencias notables en el



pasado que supusieron el movimiento de miles de personas (5): los accidentes de Kysthym (en los Urales, 1957), TMI-2 (en Harrisburg, EE.UU., 1979) y Chernobyl (Ucrania, 1986).

Los costes causados por este tipo de medidas, sin excluir otros posibles impactos, pueden asociarse al transporte de la población, a su alojamiento y a su supervisión temporal, a la supervisión de la zona y al control radiológico y sanitario de la población, y a las pérdidas en la economía derivadas de la paralización forzosa de la actividad en las zonas afectadas, aparte de los efectos psicológicos propios de la situación de tensión extrema a la que se enfrentará la población.

Los costes generados durante la fase inicial de la emergencia resultan pequeños frente al total, sobre todo si se trata de accidentes que contaminen significativamente extensas áreas. Sin embargo, la gran intensidad del impacto social que se puede producir, incluso para accidentes de escasa magnitud, hace muy interesante su consideración.

A más largo plazo, la evaluación de costes debe cuidar de no introducir una doble suma de ciertas partidas, en especial las referidas al alojamiento y manutención: sólo aquellos gastos adicionales a los que anormalmente se realizarían pueden considerarse como costes. Además, con respecto al alojamiento, el coste estaría constituido por las vivien-

das abandonadas, ya que las nuevas que pudieran construirse para la población trasladada, lo serían debido al beneficio reportado, no constituyendo por tanto un coste. Igualmente, dentro de las pérdidas de producción económica, habrá un sector productivo por alquiler de viviendas, que podría originar una doble suma si además se contabilizasen los costes de alojamiento de la población alquilada.

Con respecto a las pérdidas de producción económica, habría que distinguir entre aquellas situaciones en las que pueda mantenerse una cierta actividad laboral dentro de zonas no muy contaminadas, y las que hagan imposible cualquier presencia humana prolongada en la zona. Sin embargo, lo común es que los modelos consideren que durante el traslado de la población no se desarrolla ninguna actividad económica en las zonas sometidas a dicha medida. Las pérdidas en la economía de una zona a consecuencia del traslado de su población pueden considerarse de dos tipos: de producción y de capital. Para medir las primeras se suele emplear la contribución al Producto Interior Bruto (PIB) antes del accidente, como magnitud macroeconómica que engloba los ingresos de las economías familiares, los beneficios empresariales y las rentas de la tierra e inmuebles. La contribución de una zona concreta al PIB puede expresarse por unidad de área o por habitante, siendo más común esta última, ya que para las primeras se debería disponer de

datos detallados sobre la utilización de la tierra, tanto agraria como urbana.

Durante un traslado de larga duración los individuos podrán encontrar nuevas ocupaciones o empleos, y las pérdidas de producción acabarán por cesar, igual que ocurriría con las de alojamiento y manutención. Para simular este efecto suelen considerarse dichos costes sólo durante un período de recuperación. Sin embargo, los capitales abandonados seguirán suponiendo una pérdida económica al no obtener ningún interés de las inversiones efectuadas e irse depreciando.

La depreciación de los capitales obedece a dos causas, una "natural" y otra "acelerada". La primera es aquella que experimenta cualquier capital invertido con el paso del tiempo a medida que va produciendo rendimientos hasta su completa amortización, debiendo tener en cuenta que dichos rendimientos forman parte del PIB y se contabilizan con él durante el período de recuperación. Si el capital queda inactivo, los rendimientos perdidos dan una idea del coste experimentado por dicha causa. Pero además, cabría pensar que las instalaciones abandonadas, al carecer de mantenimiento, se depreciasen más rápidamente, de forma "acelerada", por la falta de uso y el consiguiente deterioro. En el extremo, para algunas industrias una parada puede significar la pérdida casi total de las instalaciones. Así mismo, para todas las zonas

afectadas por los traslados y próximas a éstas, existirá una “degradación ambiental” que constituirá, sin duda, un coste al provocar una caída en el valor de las mismas. De cara a la valoración de estos costes, los modelos utilizan distintas clasificaciones del capital, siempre dependientes de la información estadística disponible.

Descontaminación

La descontaminación permite alcanzar niveles considerados seguros de forma más rápida que por los procesos naturales de desintegración y migración de los radionucleidos depositados sobre el suelo y otras superficies. Por consiguiente afectaría también a la duración de la prohibición de utilizar o acceder a las zonas contaminadas. En su coste incidirán tanto los procesos de limpieza - incluyendo el equipo y materiales necesarios, así como la gestión de los residuos generados-, como la mano de obra necesaria y el coste de la exposición de dicho personal. Todo ello variará notablemente según el nivel de reducción de dosis buscado y el tipo de entorno a descontaminar (rural, residencial, urbano, etc.). Un modelado de detalle de los procesos específicos a aplicar queda fuera del alcance de muchos modelos generales, y el cálculo del coste se basa frecuentemente en estimaciones genéricas tomadas de la literatura (por ejemplo, las ref. 6 y 7). La experiencia de Chernobyl ha demostrado las dificultades y

reducida eficacia de la descontaminación de zonas muy extensas (por ejemplo, para zonas urbanas, la ref. 8 cita un factor de descontaminación medio de 2 a 5 sobre los suelos, que se traduce en una reducción de la dosis a la población del 15-20 por ciento.

Restricciones al consumo o a la producción de alimentos

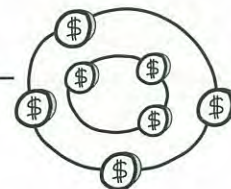
Cuando la contaminación de los alimentos supere ciertos niveles se impondrían restricciones a su consumo, si se tratase de alimentos ya producidos, o a su producción, si aún pueden evitarse las inversiones necesarias para ello. Los modelos generales raras veces contemplan otras posibilidades aparte de la eliminación de los alimentos ya contaminados, caso de los que estaban siendo producidos en el momento del accidente, o de la prohibición del uso de las explotaciones agropecuarias para evitar la contaminación de alimentos que pudieran producirse en los años posteriores al accidente. Sin embargo, es sabido, y la experiencia de Chernobyl lo ha demostrado claramente, que existen numerosas alternativas para la gestión de los alimentos ya contaminados, tal vez menos radicales que su eliminación, tales como su procesado o almacenamiento por el tiempo necesario; y con respecto a los procesos productivos, cabe aplicar fertilizantes y aditivos a los suelos que reduzcan la absorción por vía radicular, o añadir compuestos a la dieta animal, o

variarla antes del sacrificio de las reses, de forma que se reduzca el paso de contaminantes a la leche o a la carne. Cabe decir que esta alternativa, si son aplicadas, es porque suponen un menor coste por unidad de dosis evitada, y en consecuencia un menor coste total. Este es un aspecto de importancia, máxime cuando las partidas asociadas a las medidas de protección sobre los alimentos resultan, en muchos escenarios, las más cuantiosas.

Las restricciones indicadas sobre la producción o el consumo de alimentos supondrían costes por los alimentos perdidos, por la pérdida de valor capital de la tierra, instalaciones y *stocks* durante el período de restricciones, el coste de la gestión de los alimentos contaminados y el de los suministros alternativos de alimentos, cuidando siempre de no sumar por partida doble los mismos o similares conceptos. Si en la zona afectada la población hubiera sido evacuada o trasladada, debe cuidarse de no efectuar un recuento doble si se consideran las pérdidas totales del PIB de la zona más el coste de los alimentos, no olvidando que el sector agrícola es uno de los que contribuyen al PIB.

COSTE DE LOS DAÑOS RADIOINDUCIDOS A LA SALUD

Es evidente que a consecuencia de un accidente catastrófico, además de los daños a la salud radioinducidos se



pueden producir otros efectos sanitarios muy serios, como resultado del estrés al que se ve sometida la población. Sin embargo, su aparición resulta muy difícil de estimar *a priori*, ya que no tiene porqué depender directamente de magnitudes físicas (contaminación, dosis, etc.) que son las que se evalúan con los modelos para análisis de consecuencias de los accidentes (habitualmente conocidos como modelos ACA).

No obstante, a pesar de que los métodos empleados puedan resultar controvertidos, no se puede negar que el estudio del coste de los daños a la salud es un aspecto importante del análisis de consecuencias económicas de un accidente. Cabe considerar tres componentes de ese coste:

- el asociado a los cuidados médicos y sanitarios,
- el impacto indirecto causado por la incapacidad laboral durante el tratamiento y convalecencia, o por el fallecimiento prematuro, y
- el coste no monetario a consecuencia de los sufrimientos padecidos.

Para las dos primeras componentes, cuya naturaleza es más objetiva, se pueden definir costes unitarios para cada tipo de efecto, basándose en procedimientos frecuentemente denominados como evaluación de la pérdida de "*capital humano*".

Sin embargo, donde existen más diferencias es en la manera de tratar y valorar el coste de los sufrimientos, cuya naturaleza es subjetiva. Se podrían seguir métodos como el de la "*disposición a pagar*" para evitar el daño, o el de la "*disposición a recibir*" si el daño se llega a producir, o basarse en indemnizaciones concedidas por los tribunales en casos análogos, en los que el componente subjetivo es valorado por los jueces. La decisión sobre el método a seguir dependerá en gran parte de los objetivos del estudio. Así, para ciertas aplicaciones, como la evaluación de alternativas energéticas, puede resultar razonable una valoración subjetiva, que pueda incluir factores de aversión al riesgo; sin embargo, para actividades de tipo regulador, como, por ejemplo, la optimización de medidas de protección, sería preferible el método del capital humano, que permite establecer comparaciones entre alternativas basándose en una cuantificación objetiva del valor una vida estadística.

Otro aspecto controvertido dentro de este apartado sería la aplicación de fórmulas de descuento a los daños a la salud de naturaleza diferida. Incluso desde un punto de vista subjetivo, parece claro que los individuos asignarían un coste mayor a un daño que se pueda manifestar de inmediato que a ese mismo daño si se esperase su aparición después de muchos años. Este efecto no deja de

reflejar un cierto "descuento" subjetivo, que bien podría tenerse en cuenta en los modelos mediante el uso de una tasa de descuento bien inferior a la empleada para el análisis de inversiones económicas.

EFFECTOS INDIRECTOS

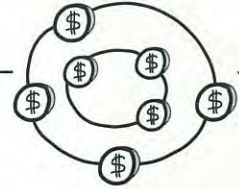
Es indudable que se producirán impactos económicos también fuera de las áreas afectadas directamente por las medidas de protección. Así, a nivel macroeconómico, se causarán impactos sobre el empleo, el PIB, el gasto público y la Balanza de Pagos, si bien estos impactos podrían ser de diferente signo, y a veces los efectos positivos de una zona o actividad económica concreta podrían contrarrestar los efectos negativos sobre otra.

Por ejemplo, después de un traslado, la población desplazada demandará aumentos en los sectores de construcción y servicios de las zonas a donde se instalada. En estudios recientes efectuados con modelos de tipo *Input-Output* se demuestra que, para varios escenarios analizados, fuera de las zonas directamente afectadas por los traslados se produciría un impacto positivo que superaría el negativo (9). Aunque también se reconoce la limitada capacidad para modelar *ex-ante* ciertos efectos que podrían invertir el signo de estos resultados, como el comportamiento del mercado turístico, o de la comercialización de productos ali-

TABLA 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES MODELOS PARA EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

Tipo de Efectos	Impactos económicos/Partidas	MACCS	COCO-1 Integrado en COSYMA y CONDOR	MECA Aceptable a MACCS y COSYMA
Supervisión - Control	No considerado	No considerado	No considerado	Coste unitario por persona y día. Coste reducido para traslados.
Transporte	No considerado	No considerado	Coste unitario por persona	Coste unitario por persona y km
Alojamiento - Manutención	Coste unitario único (por persona y día)	Coste por persona y día del alojamiento perdido. Durante un período de recuperación	Coste por persona y día del alojamiento perdido. Durante un período de recuperación	Costes unitarios alojamiento y manutención por persona y día. Coste reducido para traslados (durante un período de recuperación)
Pérdidas de Producción	Valor por persona de capital urbano Valor por hectárea de capital rural Hasta 99 regiones	PIB por persona y año. Hasta 15 regiones. Durante un período de recuperación medio.	VAB (Valor Añadido Bruto, por persona y día) por sectores económicos, excluyendo el agrícola. Hasta 50 regiones. Períodos de recuperación de cada sector. Opción: Modelo Input-Output , dentro y fuera de zona de traslados (efectos + y -)	VAB (Valor Añadido Bruto, por persona y día) por sectores económicos, excluyendo el agrícola. Hasta 50 regiones. Períodos de recuperación de cada sector. Opción: Modelo Input-Output , dentro y fuera de zona de traslados (efectos + y -)
Pérdidas de Capital	Depreciación de instalaciones (no suelo)	4 categorías: 1) Capital no residencial, 2) Viviendas y edificios, 3) menaje duradero y 4) suelo. Valores por persona. Hasta 15 regiones	5 categorías zonas urbanas : Viviendas, edificios públicos, áreas públicas abiertas (Valor por persona en hasta 50 regiones) Instalaciones industriales, edificios e instalaciones comerciales (Valor por empleado en industria y servicios, hasta 50 regiones) Zonas Rurales : Tierra (valor por hectárea) (hasta 15 categorías, hasta 50 regiones)	5 categorías zonas urbanas : Viviendas, edificios públicos, áreas públicas abiertas (Valor por persona en hasta 50 regiones) Instalaciones industriales, edificios e instalaciones comerciales (Valor por empleado en industria y servicios, hasta 50 regiones) Zonas Rurales : Tierra (valor por hectárea) (hasta 15 categorías, hasta 50 regiones)
Descontaminación	Coste directo de descontaminación	Hasta 3 niveles Coste por persona (Urbana) Coste por hectárea (Rural)	1) y 2) Depreciación a partir del período de recuperación. 3) y 4) Depreciación todo el tiempo de traslado.	Urbano : Depreciación normal y/o acelerada por falta de mantenimiento. Tasas para cada categoría, durante y después de los tiempos de recuperación. Rural : No depreciación del suelo. Capital perdido sólo para traslado permanente.
Restricción de Alimentos	Restricciones al Consumo (año 1º)	Leche y cosechas: producción anual/hectárea	Un nivel para cada período de traslado: Coste por persona (Urbana) Coste por hectárea (Rural)	Hasta 6 niveles de descontaminación y 6 superficies urbanas y rurales diferentes: Costes unitarios por hectárea y tipo de superficie. Para zonas urbanas: áreas de cada tipo a descontaminar por persona.
Tratamiento médico	Pérdidas de capital	Sólo pérdidas de capital	Coste alimentos producidos + gestión desechos Pérdidas de capital agrario, depreciación: No residencial, edificios y suelo.	Alimentos desechados al precio en origen (repartidos hasta en 50 categorías, 40 agrícolas y 10 ganaderos) Producciones distribuidas espacialmente.
Pérdidas económicas	Tratamiento médico	No considerados	Pérdida del PIB sector agrícola (período recuperación) + Pérdidas de capital agrario	VAB (Valos Añadido Bruto, por persona y día) del sector agrícola durante el período de recuperación. Distribuido hasta en 50 regiones.
Costes no monetarios	Pérdidas económicas	No considerados	Coste unitario por cada caso de cada tipo de daño.	Coste unitario por caso de cada tipo de daño
Daños a la Salud	Costes no monetarios	No considerados	Capital Humano: Ingresos por persona y año, tiempo perdido por cada tipo de daño Valoración subjetiva: por caso de cada daño	Valoración subjetiva: coste unitario por caso de cada tipo de daño



menticios de las zonas no contaminadas, sujetos a múltiples factores de difícil control.

MODELOS Y PROGRAMAS DE CALCULO

Como ya se indicó en la introducción, los modelos para estimar las consecuencias económicas de los accidentes nucleares aparecieron a raíz del *Reactor Safety Study* (1) y se han desarrollado fundamentalmente en el contexto de la evaluación de riesgos, formando parte de los códigos para el análisis de consecuencias de los accidentes (ACA). Estos programas se utilizan para predecir el impacto tanto bajo situaciones meteorológicas concretas, como para realizar análisis probabilistas que tengan en cuenta todo el espectro de condiciones atmosféricas. Pueden ser de gran utilidad para la planificación de emergencias, al permitir evaluar un gran número de escenarios con sus probabilidades asociadas, y principalmente en los estudios tipo *APS* para evaluación de emplazamientos, diseño o licenciamiento de instalaciones. De ellos destacan, por el número de usuarios y la difusión internacional que han alcanzado, el código *MACCS* (10), estadounidense, y el código *COSYMA* (11), desarrollado dentro del proyecto *MARIA* (*Methodology for Assessing the Radiological Impact of Accidents*) del Programa de Investigación en Radioprotección de la Comisión Europea.

Igualmente, hoy en día se desarrollan sistemas informáticos de apoyo en emergencias, caso del *RODOS* (12), que también incorporan el impacto económico de las medidas de protección como factor de gran importancia para las decisiones sobre su adopción.

Integrados o en conexión con esos sistemas, existen varios modelos de consecuencias económicas, cuya naturaleza predictiva es también la causa de muchas de sus limitaciones, ya que deben aplicarse para casos concretos. Otras limitaciones vendrán dadas por la disponibilidad de los datos económicos necesarios, así como por la necesidad de evitar costes de cálculo muy elevados.

Sobresalen el modelo *COCO-1* (13), del NRPB (Reino Unido), que es el modelo por defecto de los códigos *COSYMA*, ya citado, y *CONDOR* (14), del Reino Unido, y *MECA* (15), de la Universidad Politécnica de Madrid, con versiones para *MACCS* y *COSYMA*, ambos desarrollados dentro del proyecto europeo *MARIA* desde principios de los 90. Como modelo más sencillo, por su amplia utilización y su origen, destacaría el modelo del código *MACCS*. Sus características principales, al hilo de la descripción de costes realizada en los apartados anteriores, quedan recogidas, para el lector más interesado, en la Tabla 2.

De la información contenida en dicha

tabla salta a la vista el diferente grado de detalle en los tres modelos, así como de la información que será necesario recopilar para utilizar cada uno de ellos, siendo *MACCS* el más sencillo y *MECA*, como modelo desarrollado para investigar a fondo la naturaleza de cada componente del coste, y que trata de aprovechar al máximo la información estadística disponible en países como España, resulta ser el más complejo. La mayor originalidad del *MECA*, en su versión más reciente, es que por primera vez se dispone, acoplado a un código ACA de tipo probabilista, de un modelo basado en la metodología *Input-Output* con el que evaluar el importe económico de los traslados de población, tanto el producido de forma directa sobre la zona afectada, como el de tipo indirecto causado fuera de ésta (tanto positivo como negativo). Ello es posible merced a la capacidad de los modelos *Input-Output* para representar la estructura económica y las relaciones existentes entre los diferentes sectores productivos, de modo que, adaptando la tabla *I-O* nacional a la zona estudiada, se pueden estimar los efectos de la paralización de una zona determinada sobre el resto, como resultado de la interrupción de comercio entre ambas, y del incremento en la demanda de la zona a la que vaya a parar la población trasladada.

Ejercicios de comparación

Debido al número creciente de códigos

y modelos, se hace ineludible la realización de ejercicios que permitan comparar la capacidad de cada modelo, así como identificar sus puntos débiles y las líneas de investigación prioritarias. Así, recientemente, la última generación de códigos ACA ha participado en el *Ejercicio de comparación internacional de códigos probabilistas para el análisis de consecuencias de los accidentes*, organizado conjuntamente por la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE y la Comisión Europea (16,17). Además de los modelos presentados anteriormente (*MACCS*, *COCO-1* integrado en *COSYMA* y *CONDOR*, y *MECA* acoplado a *MACCS*), también presentó resultados de impacto económico el código finlandés *ARANO*.

Los resultados de dicho ejercicio indicaron no sólo las diferencias entre los modelos económicos propiamente dichos, sino también aquellas debidas a las etapas previas del análisis de consecuencias, principalmente el cálculo del impacto de las medidas de protección y los daños a la salud. También se observaron diferencias en la forma de adaptar cada participante los datos proporcionados para el ejercicio. Sin embargo, las diferencias en los resultados se mantuvieron dentro de límites muy razonables, y el ejercicio presentó una dispersión menor de la esperada por causa de los propios modelos: factores de variación máximos del orden de 4-5 para un escape de gran magnitud, y coincidencia en

cuanto a la importancia de las diferentes partidas, con un dominio claro en todos los casos del coste de las restricciones de alimentos, seguido por el de los movimientos de población para el escape grande y por el coste de los daños a la salud para el de menor magnitud.

Además, dentro de la labor de investigación efectuada en la U.P.M., se han estudiado distintos escenarios comparando resultados del modelo *MECA* frente a *MACCS* y *COSYMA*. Cabe decir que, en general, para escenarios idénticos, en los que únicamente se varió el modelo económico, la comparación arroja los siguientes resultados simplificados:

- Al comparar *MECA* frente a *MACCS*, este último suele proporcionar sistemáticamente costes medios para los movimientos de población y las restricciones de alimentos, entre 1,6 y 2 veces mayores que los de *MECA*, mientras que para la descontaminación el signo se invierte y *MECA* ofrece costes del orden de hasta 7 veces superiores a los de *MACCS*.
- Al comparar *MECA* frente a *COSYMA* (9), el coste de los movimientos de población suele resultar del orden de un factor 1,5 superior con *MECA*; el coste de la descontaminación hasta 6 veces mayor con *COSYMA*; el impacto económico de las restricciones de alimentos, mayor en uno u otro

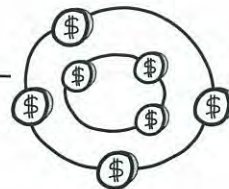
sentido (en factores siempre inferiores a 3), según el emplazamiento: y el coste de los daños a la salud, siguiendo en *COSYMA* el modelo del "capital humano", resulta equivalente o ligeramente superior al de *MECA*.

La conclusión de todo ello es que no cabe esperar desviaciones mayores que un orden de magnitud por efecto del modelo en ningún caso. Como se comprende, esto viene a demostrar que la incertidumbre no es mayor a la existente en otras áreas como la dispersión atmosférica de los radionucleidos liberados, la estimación de dosis por diferentes vías de exposición, o los modelos para daños a la salud.

CONCLUSIONES

Después de la revisión de los componentes básicos del coste de los accidentes nucleares, y de las metodologías y modelos disponibles para su evaluación, cabe, para terminar, extraer las siguientes conclusiones:

Primera.- *Sobre el coste de los accidentes nucleares y sus componentes.* Definido el coste como la pérdida de bienestar tras el accidente, resulta relativamente directo identificar y enumerar sus componentes, a partir del impacto de las medidas de protección frente a la exposición a los productos radiactivos, y de los propios daños a la salud que pudieran



ocasionarse. También se identifican limitaciones a la metodología para estimar el coste, fundamentalmente en el terreno de los efectos indirectos que no dependan de magnitudes físicas, y aspectos que pueden resultar controvertidos, sobre todo en relación a la estimación del coste de los daños a la salud.

Segunda.- *Sobre los modelos y programas de cálculo existentes.* Se dispone a nivel internacional de varios modelos para la estimación de consecuencias económicas de los accidentes nucleares. Tras presentar las características de los principales (el estadounidense *MACCS* y los europeos *COCO-1* y *MECA*, acoplados al código *COSYMA*) se observa que difieren en cuanto al grado de detalle y a la minuciosidad de las bases de datos que pueden manejar, no obstante, de las comparaciones de resultados parece claro que todos ellos son válidos para proporcionar una estimación del orden de magnitud de los costes resultantes. En la vanguardia, aparece el modelo *MECA* que incluye métodos *Input-Output* para estimar el impacto directo, tanto positivo como negativo, de los traslados de población fuera de las zonas directamente afectadas por dicha medida.

Tercera.- *Sobre las posibilidades de aplicación de los modelos.* Aunque el origen de la mayoría de los códigos sea *Análisis Probabilista de Seguridad (APS)*, la posibilidad de aplicación de

este tipo de modelos es mucho más amplia, comenzando a emerger aplicaciones en relación con la toma de decisiones y la planificación de emergencias, constituyendo el coste de las medidas de protección un factor de primera importancia, la estimación de los costes externos asociados a la energía nuclear por causa de los posibles accidentes, o la fijación de coberturas por responsabilidad civil frente a terceros.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea hacer patente su agradecimiento al *Programa de Investigación en Radioprotección* de la Comisión Europea, gracias al cual se empezó a estudiar en este campo y se desarrolló el código *MECA*; al Prof. Antonio Hidalgo Nuchera, quien propuso el modelo *Input-Output* citado en varias ocasiones; y al *Grupo de Expertos en metodologías para la evaluación de consecuencias económicas de accidentes en reactores nucleares*, de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, en cuyo seno se han desarrollado muchas interesantes discusiones que han servido para enriquecer este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. United States Nuclear Regulatory Commission, Reactor Safety Study. Appendix VI. Informe WASH-1400 (NUREG-75/014). U.S. NRC. (1975).
2. Tveten, U (Editor), Environmental Consequences of Releases from Nuclear Accidents. A Nordic Perspective. Nordic Liaison Committee for Atomic Energy (1990).
3. Comisión Internacional de Protección Radiológica, Recomendaciones 1990. ICRP-60. Editado por la Sociedad Española de Protección Radiológica (1995).
4. International Commission on Radiological Protection. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Accident. ICRP publication 63. Annals of the ICRP 21 (4). Pergamon Press (1993).
5. Proc. Seminar on Comparative Assessment of the Environmental Impact of Radionuclides Released during Three Major Nuclear Accidents: Kysthym, Windscale, Chernobyl. Luxemburgo, 1-5 Octubre 1990, Informe EUR 13574, Comisión Europea (1991).
6. International Atomic Energy Agency, Cleanup of Large Areas Contaminated as a Result of a Nuclear Accident. Technical Report Series N° 300, IAEA (1989).
7. Brown J., Haywood S.M., and Roed J., The Effectiveness and Cost of decontamination in Urban Areas. International Seminar on Intervention Levels and Countermeasures for Nuclear Accidents, Cadarache, 7-11 Octubre 1991, Informe EUR 14469, Comisión Europea (1992).

8. Balonov M.I. y otros. Theory and practice of large-scale decontamination of populated areas in the Bryansk region after the Chernobyl accident. International Seminar on Intervention Levels and Countermeasures for Nuclear Accidents, Cadarache, 7-11 Octubre 1991, Informe EUR 14469, Comisión Europea (1992).
9. Gallego E e Hidalgo A., Contribución de la U.P.M. al Final report 1992-1995. The MARIA Project. A publicar por la Comisión Europea.
10. Jow, H-N., Sprung, J.L., Rollstin, J.A., Ritchie, L.T. y Chanin, D.I., "MELCOR Accident Consequence Code System (MACCS). Model Description". Informe NUREG/CR-4691, (SAND86-1562), Vol. 2. Sandia National Laboratories (1990).
11. Hasemann I. and Jones J.A., COSY-MA: User guide. Version 95/1. Informe EUR 13045. Comisión Europea (1995).
12. Ehrhardt, J., Psler-Sauer J., Schle O., Benz G., rafat M. and Richter, Development of RODOS, a Comprehensive Decision Support System for Nuclear Emergencies in European Overviw. Radiation Protection Dosimetry, 50, 2-4, (1993).
13. Haywood S.M., Robinson C.A., Heady C., COCO-1: Model for Assessing the Cost of Offsite Consequences of Accidental Release of Radioactivity. Informe NRPB-R243. National Radiological Protection Board (1991).
14. SRD, NE and NRPB, CONDOR 1: A Probabilistic Consequence Assessment Code Applicable to Releases of Radionuclides to the Atmosphere. Informe SRD R598, TD/ETB/REP/7021, NRPB-R258 (1993).
15. Gallego E., MECA3. Model for Economic Consequence Assessment, Version 3. Reference Guide. Informe CTN-50/95. Cátedra de Tecnología Nuclear, UPM (1995).
16. Nixon W. y otros. International Comparison Exercise on Probabilistic Accident Consequence Assessment Codes. Technical Report. Informe EUR 15109. Comisión Europea (1994).
17. Probabilistic Accident Consequence Assessment Codes. Second International Comparison. Overview Report. Nuclear Energy Agency, OECD (1994).



ASPECTOS ÉTICOS DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS RADIOLÓGICOS



La complejidad de las decisiones a tomar por las autoridades de radioprotección y de seguridad en los ámbitos nucleares, médicos e industriales, así como la importancia de los riesgos correspondientes necesitan una reflexión sobre la confianza que puede tener el público en los procedimientos y las instituciones asociadas a estas decisiones. Los organismos de peritaje que apoyan las autoridades desempeñan un papel fundamental en la estimación de los riesgos. Intervienen en la definición de las bases científicas de la reglamentación así como en el análisis de las solicitudes de autorización presentadas por los operadores.

La credibilidad del peritaje implica una separación clara de las responsabilidades del organismo de peritaje, de los operadores y de las autoridades. Requiere también una garantía de competencia que se funda en un programa de investigación de alto nivel y necesita una apertura hacia otros organismos similares. La calidad del trabajo ha de ser regularmente controlada. Entre los demás requisitos de un buen peritaje, también hay que subrayar su integración en un proceso de toma de decisión claro.

La autora del artículo se funda en su experiencia como directora de la radioprotección en el seno del IPSN, organismo de investigación y de peritaje creado en 1976, integrado por 1.200 personas y cuya misión es realizar investigaciones y peritajes en el sector de la radioprotección, radioecología y seguridad nuclear.

Annie Sugier
Directora de la Protección.
Instituto de Protección y
Seguridad (IPSN, Francia)

The complexity of the decisions to be taken by the radiation protection and safety authorities in the nuclear, medical, and industrial fields, as well as the importance of the risks involved, require consideration of the confidence that the public can have in the procedures and institutions associated with these decisions.

The Technical Support Organisations that advise these authorities play an essential role in risk evaluation. They participate both in defining the scientific bases of the regulations and analysing the authorisation requests from the operators.

The credibility of these bodies implies a clear separation between their function and that of the regulatory authorities and the operators. It also requires a guarantee of competence which is based on a high level research program and contacts with other similar organisations.

The quality of the work carried out by the Technical Support Organisations must be regularly evaluated. One of the most important of the other conditions for ensuring the effectiveness of the expertise is its integration in a well defined decision-making procedure.

The author has based this article on his experience as director of radiation protection in the IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire), an organisation formed in 1976, with a staff of 1,200 whose functions are to carry out research and provide expertise in health physics radioecology and nuclear safety. To reinforce its operating autonomy and authority, the status of the IPSN was thoroughly revised and strengthened in 1990.

INTRODUCCIÓN

La gestión de los riesgos tecnológicos es un tema de gran preocupación para las autoridades y la opinión pública, particularmente en un ámbito tan sensible como el de las actividades industriales, médicas o de investigación que dan lugar a la exposición del hombre y del medio ambiente a las radiaciones ionizantes.

Las reglas del debate democrático, tales como una definición clara del papel de los distintos actores, así como el de

los procesos de información y de decisión, no deben limitarse únicamente a los temas de política tradicional sino también aplicarse a los temas científicos y técnicos que constituyen una parte importante de las decisiones que se deben tomar en las sociedades adelantadas.

El diputado Claude Birraux, ponente para el control de la seguridad de las instalaciones nucleares en el seno del "Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques" (Instituto Parlamentario de Evaluación de las

Elecciones Científicas y Tecnológicas), cuya misión es asesorar al Parlamento para las decisiones en los ámbitos científicos y técnicos, hace la siguiente pregunta:

"¿ Qué confianza pueden tener los ciudadanos en los mecanismos, procedimientos e institutos cuya labor es administrar el desarrollo de la industria nuclear ? "

Esta pregunta puede también aplicarse a otras actividades donde existen riesgos tecnológicos.



" Quizás no se haya evaluado bastante la importancia de esta noción de confianza y de garantía, que además sería un error si se asimilara a una protección absoluta" añade Birraux.

Para cumplir como se debe con nuestro rol de radioprotccionistas, tenemos que estar atentos a estas preguntas y a las respuestas que se les da.

Cada país, por su cultura reglamentaria específica y por la historia de sus instituciones, puede aparecer como un caso particular. Las reflexiones que voy a exponer en el presente artículo están naturalmente afectadas por el contexto francés. Sin embargo, más allá de algunos particularismos, se manifiestan unas tendencias generales, especialmente en lo que se refiere a las gestiones necesarias para el control de los riesgos, la importancia creciente de los organismos de peritaje y por fin la deontología que esto ha de implicar para dichos organismos.

LAS DISTINTAS ORIENTACIONES DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS

La gestión de los riesgos implica tres orientaciones fundamentales: la cuantificación, la definición de las normas y la aplicación. Cada una de estas orientaciones no solamente recurre a unos conocimientos científicos sino también a unos juicios de valor que cabe explicitar.

El marco general se aplica más especialmente a los problemas planteados por la exposición a las " bajas dosis", que están tomando actualmente una

importancia particular para distintos tipos de riesgos. Los problemas planteados son comparables, tanto se trate de los campos electromagnéticos como de las bajas concentraciones de amianto, de la presencia de plomo en el agua potable como de la protección contra las radiaciones ionizantes.

Cuantificación del riesgo

Describir y cuantificar los riesgos asociados a las radiaciones ionizantes seguirá movilizand durante mucho tiempo a los equipos de científicos en el ámbito de la experimentación, del estudio de los mecanismos celulares y de la epidemiología. Sus investigaciones facilitan ya una base de conocimientos muy importante. Algunas de estas investigaciones en curso sólo llegarán a un resultado dentro de unos diez años. De ahí nace la necesidad de colmar estas carencias con hipótesis y extrapolaciones. Estas extrapolaciones representan una dificultad importante: especialmente, ¿cómo extrapolar los datos conseguidos en unas condiciones particulares de exposición a unas dosis muy diferentes y sobre todo para unas duraciones de exposición que van del milisegundo a toda la vida? Por eso es imperativo utilizar la totalidad de los conocimientos disponibles a nivel internacional y la totalidad de las disciplinas que puedan contribuir a la estimación de los riesgos. El examen del estado de los conocimientos da lugar regularmente a unos debates en las instancias internacionales especializadas, tales como el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones

(UNSCEAR) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIRP), que desembocan en un consenso internacional que puede servir de base al establecimiento de las normas.

Los estudios que se están realizando desde hace más de cincuenta años sobre los efectos de las radiaciones ionizantes demuestran que ninguna de las disciplinas objeto del debate (epidemiología, estudios experimentales a nivel de las células o de los organismos) puede de por sí facilitar una cuantificación completa. Sin embargo, en lo que se refiere a las radiaciones ionizantes de bajas dosis, la índole de los riesgos y el orden de importancia de los fenómenos se pueden considerar como bien determinados.

Elección de las normas

El conocimiento de la relación dosis/efecto no es nada más que uno de los aspectos de un sistema de control de los riesgos. La elaboración de las normas, es decir, la fijación de los objetivos y de las estrategias de prevención, implica también emprender las acciones posibles de protección con sus características técnicas, sociales y económicas. En materia de radiaciones ionizantes de bajas dosis, los temas son muy variados: exposición del público y de los trabajadores vinculada con el desarrollo electonuclear, exposiciones médicas, impacto del radón en las viviendas ...

¿Qué límites se tienen que respetar? ¿Por qué y hasta qué punto hay que situarse por debajo de estos límites?

Una vez más, conviene referirse a la construcción de un *consenso internacional*. Se trata de un elemento fundamental para que cada uno pueda formar su juicio y opinión y confiar en los industriales, en los peritos y en las autoridades. Cabe subrayar la importancia del papel desempeñado por la CIRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) y por la Unión Europea en la constitución de un consenso internacional de este tipo: desde hace unos quince años, los límites aplicables en Francia son los que resultan de las recomendaciones de la CIRP tal como vienen traducidas por las sucesivas directivas europeas.

El mantenimiento de esta armonización europea nos parece fundamental para el futuro. De ella resulta principalmente la necesidad de convencer a nuestros socios cuando suponemos que no han comprendido un punto particular. Y también la necesidad de examinar honestamente sus propios puntos de vista.

Aplicación de las normas

Se trata concretamente de asegurarse del respeto a los objetivos y a la estrategia definida en el paso anterior. Esto requiere responsabilizar a los distintos actores, implementar la reglamentación y atender a su control.

La comprobación de la correcta aplicación del sistema de radioprotección implica la estimación de los niveles de exposiciones a los que están efectivamente sometidas las personas. La experiencia muestra que "en situación nor-

mal" las exposiciones reales resultantes de las actividades industriales están casi siempre por debajo de los límites reglamentarios actuales. La diferencia suele ser de un factor que se sitúa entre 2 y 5 para los trabajadores, pero alcanza muy a menudo un factor situado entre 10 y 100, incluso más, para el público (estos límites reglamentarios sólo se refieren a las "situaciones normales" y no se aplican a los casos de accidentes).

Este estudio plantea algunas dificultades: excepto el caso de la exposición externa de los trabajadores, la dosis recibida no es objeto de medidas individuales directas pero se calcula mediante unos modelos, hipótesis y procesos que se desarrollan según un plan preestablecido (que tratan por ejemplo del modo de vida y de alimentación de la población que vive cerca de una instalación).

Tanto si se utilizan para unos cálculos provisionales como para unas comprobaciones, todos estos modelos presentan imperfecciones y simplificaciones. De modo muy general, llevan a sobreestimar la dosis. Ahora bien, una buena radioprotección requiere el conocimiento más preciso posible de los niveles de exposición. De ahí nace la importancia de estimar los factores de seguridad introducidos en la estimación de las dosis.

PROCESO DE DECISIÓN Y PERITAJE

A principios de los años 70, se produjeron en Francia debates bastante intensos sobre las acciones posibles para

mejorar los procesos de decisiones en materia de control de los riesgos y de gestión del medio ambiente. Los principales temas de debate fueron:

- ¿ cómo hacer *participar* el conjunto de los actores necesarios, evitando que un punto de vista tome abusivamente el paso en el proceso de decisiones ?
- ¿ cómo garantizar el acceso a la *información* utilizada en las decisiones ?
- ¿ qué *interacciones* habría que crear entre las diferentes partes que toman una decisión ?

Las respuestas han sido múltiples, tanto se trate de la creación o mejora de los modos de información especialmente asociados a encuestas públicas (modo de estudios de impacto, participación de las acciones) como de la implementación de estructuras locales o nacionales con cierto poder de orientación o de control.

Sin embargo, en los años 1970, el tema del peritaje ha sido muy pocas veces enfocado tal como lo que es. Este "olvido" resulta probablemente de dos factores: por una parte, la competencia técnica es uno de los antiguos valores de la administración francesa. Se admite pues, sin impugnarlo demasiado, el postulado de que el peritaje se ejerce dentro de la administración y que su función no requiere una reflexión particular. Por otra parte, el debate en esta época trata de las confusiones que existen entre el papel de



los promotores de un proyecto y el de las autoridades públicas. Este tema de discusión acaparó durante mucho tiempo la atención de todos los que reflexionaban sobre la evolución de los procesos de decisión.

Fue a finales de los años 70 cuando surgió la idea de separar aún más la estimación de la decisión en materia de gestión de los riesgos. La Academia de Ciencias norteamericana lo recomendaba directamente en un informe del año 1982, pero tanto en Estados Unidos como en Europa esta idea tardará en progresar. En efecto, se enuncia más fácilmente que se realiza en la práctica cotidiana. Así, los datos sobre los riesgos traducen muy pocas veces lo que representan.

Como ya se ha subrayado en el párrafo anterior, extrapolar los resultados de la experimentación animal realizada con fuertes dosis para deducir de ello una estimación de bajas dosis, extrapolar del cáncer del animal al cáncer humano, elegir a cada paso, los modelos utilizados son elementos inherentes al peritaje y van a desempeñar un papel determinante en la producción de los datos para la estimación de los riesgos.

El valor de los científicos, su formación profesional, sus ideas sobre lo que es "una correcta actuación científica", sus experiencias personales también desempeñan un papel determinante (si no se tiene cuidado) en la estimación. Un especialista del cáncer, un epidemiólogo o un biólogo molecular leen cada uno de

manera muy distinta un mismo conjunto de datos.

Finalmente, otra dificultad: el peritaje esperado es muy a menudo pluridisciplinar y va a necesitar de la integración de contribuciones de especialistas de diferentes ámbitos. Si el "pliego de condiciones" del peritaje en materia de riesgos no es bastante claro para unos y otros, existe una fuerte probabilidad para que cada uno intente integrar en su contribución lo que considera ser "un margen de seguridad". El resultado final probablemente no será una *evaluación* sino más bien el reflejo directo de este conjunto de márgenes de seguridad de los que nadie habrá conservado ninguna huella.

Los que están encargados de tomar decisiones para controlar los riesgos se hallan entonces frente a una situación delicada: tienen la responsabilidad de elegir entre varias opciones pero la estimación les es útil únicamente si ésta les facilita los elementos de juicio que permiten estas comparaciones. Por supuesto, existe la tentación de transferir la decisión a los peritos, los cuales la aceptan a menudo sin mucha resistencia. Pero es otra forma de confusión de responsabilidades.

A pesar de estas desventajas, hay que reconocer que los años 80 permitieron hacer surgir, en varios ámbitos de la gestión de los riesgos, una función de peritaje cuyo desarrollo evita las confusiones entre las responsabilidades de los que diseñan los proyectos y los que tienen el cargo de la decisión pública.

Así, a nivel internacional, se reconoce como principio general la necesidad de separar claramente el papel de los organismos de reglamentación del de los industriales. Cada una de las dos partes cuenta con sus polos de apoyos técnicos. Este es el caso, por ejemplo, del Instituto de Protección y de Seguridad Nuclear (IPSN) en Francia, perito al servicio de las autoridades, sociedades de ingeniería externas y oficinas de estudios, además de apoyo de los industriales.

EL IPSN, ORGANISMO DE INVESTIGACIÓN Y DE PERITAJE AL SERVICIO DE LOS PODERES PÚBLICOS

Con respecto a sus homólogos extranjeros, el IPSN tiene la singularidad de presentar una integración fuerte: las actividades de investigación y de peritaje cubren la mayoría de las disciplinas necesarias para el control de los riesgos (seguridad de las instalaciones y de los transportes nucleares, protección del hombre y del medio ambiente).

La evolución del estatuto y de las reglas de funcionamiento interno del IPSN durante estos últimos años ha tenido como principal objetivo la definición de la *autonomía* del Instituto con respecto a la Comisaría de Energía Atómica (CEA), donde éste fue creado por decreto en 1976, así como las reglas de deontología relativas a su misión de investigación y de peritaje.

En 1990 y 1993, el estatuto del IPSN

se modificó para intensificar su autonomía de funcionamiento y su autoridad. Estas evoluciones aclaran la función y las responsabilidades del Instituto cuya misión es únicamente la prevención y el control de los riesgos, misión que queda claramente separada de las responsabilidades de desarrollo o de explotación de la energía nuclear. El estatuto del IPSN fija sin ninguna ambigüedad las condiciones de sus relaciones con los poderes públicos, la Comisaría de Energía Nuclear y las empresas industriales. Un Comité de Dirección y un Comité Científico dirigen y evalúan el conjunto de las actividades de investigación y de peritaje del IPSN. Ambos comités, integrados por personalidades francesas y extranjeras, reúnen a científicos, industriales y representantes de la Administración. El conjunto de los miembros es nombrado conjuntamente por los Ministros de Industria y del Medio Ambiente. El IPSN está implantado en 11 lugares y reúne a 1200 personas, entre las cuales el 62% son investigadores y peritos de ciencias de la ingeniería, de la tierra y de lo vivo. Los recursos del Instituto alcanzan 1.400 millones de francos, de los que el 60% procede de subvenciones públicas, objeto de una línea específica en el presupuesto del Estado. Los demás recursos del IPSN proceden de la Dirección de Seguridad de las Instalaciones Nucleares, es decir, de la autoridad francesa de seguridad nuclear, de los industriales, de los organismos de seguridad extranjeros y de la Unión Europea. Las acciones relativas a la radioprotección representan aproximadamente la cuarta parte de las actividades del IPSN y le posicionan

aproximadamente en este sector al nivel del National Radiological Protection Board británico (NRPB).

Para tratar los aspectos deontológicos, el IPSN ha redactado, a petición de los Ministerios interesados, una carta de la investigación y una carta del peritaje.

Carta de deontología de la investigación

Tanto al Gobierno como a la opinión pública les asiste el derecho de pensar que las decisiones del IPSN se elaboran tomando en cuenta los mejores conocimientos científicos del momento. Ahora bien, para poder estimar el control de los riesgos nucleares teniendo en cuenta unos límites de conocimientos científicos y técnicos, hay que participar en la producción de estos conocimientos, es decir investigar. De no ser así, las actividades de peritaje podrían ser de bajo nivel por causa de la falta de conocimiento del más reciente saber o ser criticadas debido a sus insuficiencias científicas o técnicas. Tanto en un caso como en el otro, sería perjudicar la credibilidad del control del riesgo nuclear en el país.

De ahí se deduce el doble objetivo de las investigaciones:

- Mantener y desarrollar la competencia de los equipos para que siempre sean capaces de movilizar el conjunto de los conocimientos disponibles para respaldar los dictámenes y los peritajes solicitados al Instituto o de los que éste toma la iniciativa, inclu-

so para apoyar a los poderes públicos en caso de accidente o incidente.

- Participar en el desarrollo de los conocimientos que permiten apreciar mucho mejor los riesgos o cuyo objetivo es mejorar la seguridad y la protección.

Por supuesto, el Instituto no debe tener el monopolio de la investigación en seguridad y en protección. Sobre todo, no debe permitir a los responsables de explotación exonerarse de la plena ejecución de sus responsabilidades en materia de control de riesgos nucleares. Cuando surgen unos fallos en los conocimientos que podrían acusar la demostración del buen nivel de seguridad de sus instalaciones, incumbe a estos responsables de explotación colmar estos fallos.

Por lo general, el IPSN excluye dos tipos de investigación; por una parte, las investigaciones fundamentales que no son específicas de los sectores de la protección y de la seguridad y, por otra parte, las investigaciones directamente aplicadas cuyo objetivo es el diseño de equipos o de procedimientos que no sean muy genéricos. Del mismo modo, la meta de la investigación del Instituto tampoco es aconsejar al responsable de la explotación industrial, aunque éste último está libre, por supuesto, de sacar provecho de los estudios de investigación del Instituto para mejorar la seguridad de sus instalaciones.

La vocación de la investigación en el IPSN es asegurarse del control de los cono-



cimientos necesarios para el mejor peritaje posible. Así, en el ámbito de la radioprotección del hombre, estas estrategias llevan a desarrollar las siguientes acciones:

- En radioprotección sanitaria, a realizar estudios epidemiológicos sobre las consecuencias sanitarias de los efectos de bajas dosis de radiación (desarrollo de los conocimientos).
- En radioprotección accidental, a hacer investigaciones experimentales sobre los efectos de las dosis medias y fuertes de radiación. El objetivo de estas investigaciones es favorecer el desarrollo de las competencias de los expertos, en los sectores biológicos y médicos, que quizás tendrían que ofrecer su apoyo a los poderes públicos y a las formaciones hospitalarias, en caso de accidente nuclear.

Asimismo, el Instituto elabora un programa de investigación en radioecología aplicada a las situaciones normales y accidentales (estudios experimentales, modelización, caso particular de los residuos, etc ...).

En cambio, los estudios fundamentales sobre los efectos de radiaciones de baja intensidad se pueden, sin mayor inconveniente, excluir de los programas del IPSN, teniendo en cuenta particularmente la necesidad de realizar tales estudios en relación con investigaciones de tipo más general en el campo de la biología.

La deontología de la investigación se basa en cinco principios fundamentales:

La transparencia de los métodos y de los resultados

Esta transparencia pasa por una exposición clara de las modalidades de la investigación que ha de ser comprobable y reproducible (principio de transparencia interna). Este principio se acompaña de un componente externo que es la necesidad de una publicación de los estudios y de los resultados (principio de transparencia externa).

El respeto a la ética científica general

Debe implementarse el conjunto de los principios fundamentales de la orientación científica: comprobación por un tercero de los resultados anunciados, derecho de refutación de las teorías y conceptos anteriormente admitidos, etc.

La independencia de la investigación

Los principales temas a tener en cuenta son los siguientes:

- La utilización de los resultados de la investigación en las actividades de peritaje, una definición de los temas de investigación independiente de los responsables de explotaciones pero no sin concertación.
- Las reglas precisas están definidas para responder a estas distintas preocupaciones. Así, en lo que se refiere a la utilización de los resultados de las investigaciones realizadas por el IPSN en los expedientes presentados por el responsable de la explo-

tación a las autoridades, el IPSN procura que no haya autoperitaje nombrando para estos expedientes a unos peritos independientes de los autores de la investigación correspondiente y que hayan recurrido, en caso de necesidad, a otras fuentes de investigaciones para efectuar un análisis contradictorio. Del mismo modo, y como se ha indicado anteriormente, determina los temas de investigación que satisfacen sus necesidades.

La estimación de la calidad de las investigaciones

La aplicación de este principio ha de ser la norma. Es una de las misiones fundamentales del Comité Científico del Instituto. Los peritos franceses o extranjeros, a los que el Comité Científico encarga estas estimaciones, presentan unas conclusiones escritas por las que éstos están invitados a comentar con el Comité Científico. El presupuesto necesario para estas estimaciones está a cargo del Instituto.

La preocupación del ahorro de los medios

Este principio consta de dos partes: de una parte el Instituto debe dar cuenta a los socios capitalistas de la buena gestión de la investigación que han financiado y, por otra parte, el Instituto pide a sus investigadores una gestión ahorradora de los medios puestos a su disposición para realizar las investigaciones que se les han confiado.

Para ello, los proyectos de investigación están abiertos a socios franceses y extranjeros a través de cualquier forma de colaboración.

Carta de deontología del peritaje

En su acepción más general, el peritaje se traduce en forma de dictámenes y de resultados comunicados en unos marcos claramente identificados sobre las preguntas que entran en el ámbito de las competencias del Instituto. Una parte importante de estos dictámenes está destinada a preparar decisiones o acciones de los poderes públicos franceses en los distintos ámbitos de la seguridad nuclear, pero el ámbito de peritaje también cubre dictámenes dados a organismos extranjeros o, a petición de las autoridades, directamente a industriales (por ejemplo, análisis de la seguridad de instalaciones no nucleares), y estudios realizados con los medios del IPSN para responder a una demanda exterior (por ejemplo, estudios de criticidad, determinación de las dosis recibidas con dosimetría biológica, estudios radioecológicos ...).

Conviene subrayar además que, si la mayoría de las veces el peritaje consiste en dar una respuesta a una pregunta explícitamente hecha, también entra en la misión, y por tanto en las responsabilidades del Instituto, llamar, en su caso, la atención de los poderes públicos franceses sobre algunas dificultades y presentarles propuestas de acciones en el ámbito de la seguridad nuclear, aunque no se haya hecho ninguna solicitud precisa.

En el ámbito de la protección del hombre y del medio ambiente, el peritaje cubre especialmente la preparación de las discusiones nacionales e internacionales en lo que se refiere a la evolución y a la implementación de los principios de radioprotección y la participación en estas discusiones, tanto se hagan en el marco de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, del Organismo Internacional para la Energía Atómica, de la Organización de Cooperación y de Desarrollo Económicos, de la Unión Europea como en el marco de otras organizaciones internacionales, o en un marco puramente nacional, a iniciativa, la mayoría de las veces, de la Dirección General de Sanidad, de la Dirección de las Relaciones del Trabajo o de la Dirección de la Prevención de las Contaminaciones y Riesgos.

Situado al límite entre la seguridad y la protección del hombre y del medio ambiente, el ámbito del peritaje cubre acciones relativas a los efluentes gaseosos y líquidos en situación normal o accidental o a la gestión de los residuos. También cubre el apoyo a los poderes públicos en caso de crisis, tanto se trate de la fase a corto plazo donde intervienen los problemas de seguridad o de protección de las poblaciones como de la fase a largo plazo donde también intervienen problemas de contaminación de los suelos y de las cadenas alimentarias, cuya evaluación recurre tanto a la radioecología como a las diferentes disciplinas de la radioprotección.

El ámbito de competencias del Institu-

to y la sinergia entre sus trabajos de investigación y sus trabajos de peritaje, deben permitirle informar al máximo a los responsables concernidos de cualquier problema vinculado con la seguridad nuclear, teniendo en cuenta, en cualquier momento, el estado de los conocimientos sobre los temas tratados.

La deontología del peritaje se basa en cinco principios fundamentales entre los cuales algunos son similares a los ya expuestos para la investigación.

La claridad de los dictámenes

Los trabajos de peritaje suelen concretarse bajo la forma de informes escritos, enviados directamente a una autoridad o a un grupo de peritos que la aconseja.

En todos los casos, los dictámenes escritos tienen que precisar claramente el problema que ha sido tratado y los documentos asociados, la orientación que se ha seguido, con las referencias necesarias para las prácticas nacionales o internacionales, así como los medios utilizados y las conclusiones del Instituto, con las limitaciones respectivas, vinculadas tanto a la extensión de los trabajos realizados como al estado de los conocimientos. De este modo, la redacción de los documentos permite a los destinatarios apreciar plenamente el alcance de su contenido.

La calidad

La calidad de los trabajos de peritaje



se funda en las competencias de los agentes del Instituto y la organización de los trabajos respectivos.

Los trabajos de peritaje se sirven de los conocimientos de la investigación y pueden emplear los medios de cálculo que de ello resulte, siempre y cuando estos conocimientos y estos medios sean objeto de una validación suficiente. Los trabajos de peritaje identifican a su vez unos temas para los cuales unos trabajos de investigación complementarios se revelan oportunos.

La calidad de los trabajos de peritaje también se basa en una organización y unos métodos de trabajo, permitiendo utilizar, en los casos complejos, las contribuciones de varios equipos para conseguir una construcción colectiva, la cual establece la redacción del documento donde vienen recopilados los resultados de los trabajos.

Especialmente, la calidad de los trabajos realizados a petición de una autoridad en vistas a unas acciones de tipo reglamentario supone buscar continuamente:

- el diálogo más profundo posible con el peticionario,
- la aclaración del problema planteado con la utilización de varios enfoques (por ejemplo, defensa en profundidad, estudios probabilistas, comunicación de experiencia francesa y extranjera, ...),
- la explicitación de las disposiciones

preconizadas por referencia a los riesgos incurridos deben precisarse de modo exhaustivo.

La independencia

En general, la independencia de los trabajos de peritaje está garantizada por el estatuto del IPSN, su organización, sus medios, sus competencias y las modalidades de financiación de estos trabajos, así como por la aplicación de las disposiciones de la carta de deontología.

Cuando emite un dictamen a una autoridad sobre las disposiciones previstas por un responsable de explotación, el Instituto debe tratar de no sustituir al que tiene la total responsabilidad de las elecciones técnicas y de las demostraciones de la seguridad de sus instalaciones. En la práctica, el IPSN propone objetivos en materia de seguridad y de protección y da su opinión en cuanto a la aceptabilidad de las disposiciones técnicas seleccionadas por el operador en relación con los objetivos, opinión formulada y justificada por escrito. Sin embargo, el Instituto evita recomendar, en este marco, disposiciones técnicas particulares.

También valen para el peritaje las consideraciones presentadas anteriormente, (cf. deontología de la investigación) refiriéndose a la atención especial que se debe prestar en el caso particular en el que el expediente presentado por el responsable de la explotación incluya resultados de investigaciones realizadas por el IPSN para evitar cualquier auto-peritaje.

La buena utilización de los medios

El IPSN debe realizar sus peritajes teniendo en cuenta la optimización de la gestión de sus medios. Especialmente, su misión de ayuda a los poderes públicos no implica que realice en su seno el conjunto de los trabajos correspondientes. Al contrario, el Instituto tiene que recurrir, cuando es necesario, a competencias externas para garantizar la calidad de sus trabajos, conservando a la vez la total responsabilidad de sus dictámenes.

Por otra parte, la misión de apoyo a los poderes públicos franceses es prioritaria y la posibilidad de responder a unas demandas de otros actores será examinada caso a caso, corriendo por supuesto los gastos respectivos a cargo de éstos mismos.

La difusión de los resultados

En general, los documentos del IPSN que presentan los resultados de los trabajos de peritaje pueden ser consultados por los miembros del Comité de Dirección del Instituto.

Además, en lo que se refiere a los documentos realizados a petición de un industrial para que estos sean eventualmente utilizados en el marco de procedimientos de autorización, el IPSN se reserva el derecho de comunicarlos directamente a la autoridad de seguridad o de radioprotección francesa o extranjera concernida.

CONCLUSIÓN

La gestión de las situaciones no puede ser el monopolio de especialistas a pesar de lo excelentes que sean. No obstante, éstos son unos actores imprescindibles en el debate. ¿Sería aún necesario definir claramente su papel, los lugares de diálogo con los demás interventores y las normas que han de respetar? La transparencia y el respeto de las reglas del debate son los únicos elementos que permiten comprender y asumir el riesgo de manera colectiva.

Estas preocupaciones de índole ética

que han llevado el IPSN a elaborar unas reglas de deontología en materia de investigación y de peritaje, también vienen formuladas en otros países. Los organismos de peritaje o las mismas autoridades. Así, la autoridad de seguridad sueca en su manual de explotación, dedica un capítulo a los aspectos "éticos, filosofía del control, integridad".

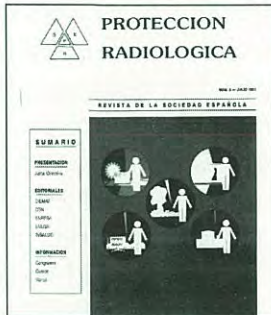
Pone de relieve especialmente, tal y como lo hace también la autoridad de radioprotección, la importancia de no sustituir las funciones del responsable de la explotación, que es quien tiene la responsabilidad principal.

A nuestro parecer, la mayoría de los adelantos que se pueden esperar en los futuros años, en materia de control de los riesgos, se fundan en el empeño continuo emprendido para *definir claramente los papeles* desempeñados por los distintos actores, para identificar mejor los problemas planteados, las evaluaciones de los riesgos realizadas y para sacar a la luz los problemas despreciados. Todo esto acarrea una responsabilización saludable de los distintos actores. Claro está que los problemas de *responsabilidad* conciernen también muy directamente al mundo del peritaje.

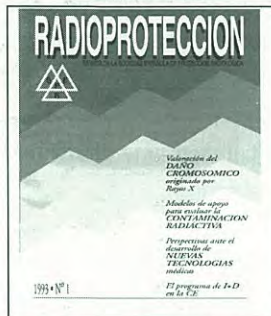




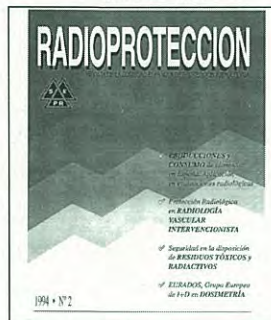
NUM. 0 - JULIO 1991



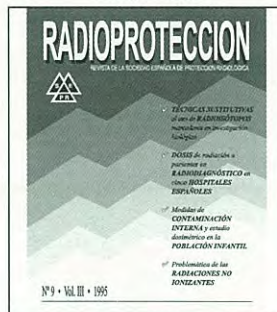
NUM. 1 - 1993



NUM. 2 - 1994



NUM. 9 - 1995



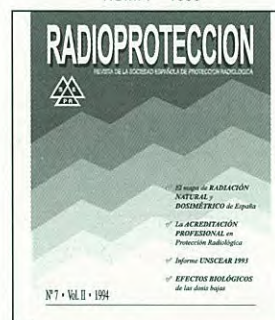
NUM. 1 - NOV 1991



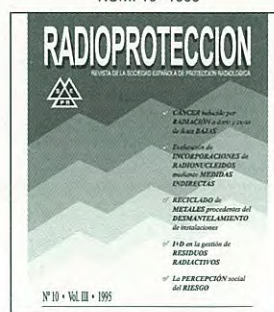
NUM. 2 - 1993



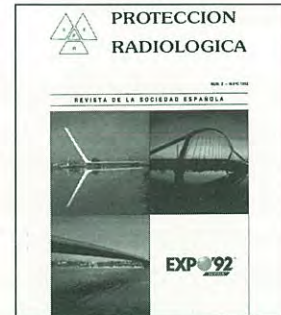
NUM. 7 - 1995



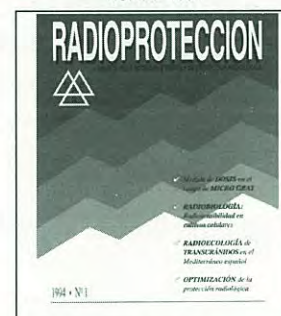
NUM. 10 - 1995



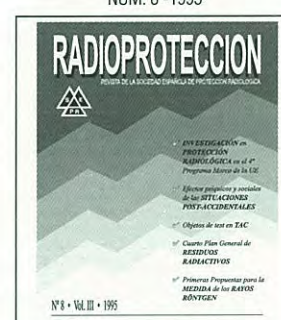
NUM. 2 - MAYO 1992



NUM. 1 - 1994



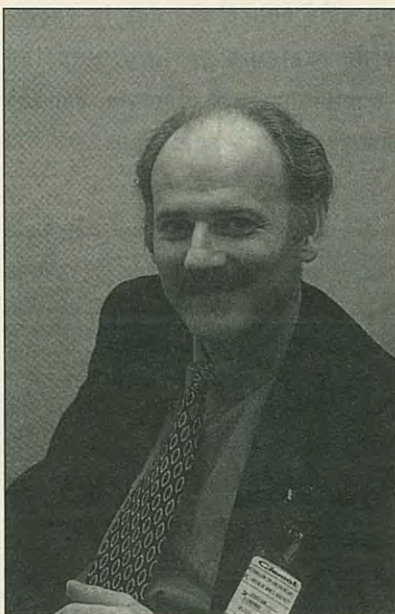
NUM. 8 - 1995



Entrevista a Jacques Lochard, director del CEPN y miembro del comité ejecutivo de la IRPA

“LA IRPA ES UN CANAL DE COMUNICACIÓN ENTRE ORGANISMOS Y PROFESIONALES DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA”

El nombre de Jacques Lochard, director del Centro de Estudios sobre Evaluación de la Protección en el ámbito nuclear (CEPN), se encuentra íntimamente unido al de la optimización de la protección radiológica, pero también, y como miembro del Comité ejecutivo de la International Radiation Protection Association (IRPA), al de promoción de la misma. Lochard considera que la labor de esta asociación es la de ser un canal de comunicación entre las grandes organizaciones y los profesionales, cuya opinión se busca cada vez más.



marcha, fui nombrado como nuevo director.

P: ¿Qué funciones tiene asignadas el CEPN?, ¿qué tipo de organismo es y cómo se financia?

R: En la actualidad, el CEPN es una organización sin ánimo de lucro, que cuenta con un grupo de 20 a 25 investigadores y desarrolla su labor en el ámbito, sobre todo, de las instalaciones nucleares, debido a su background institucional. Sin embargo, también tiene posibilidad de hacerlo, y cada vez con mayor interés, en el sector médico y el industrial. Sus tres patrocinadores principales, Electricité de France (EDF), Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), así como la compañía nacional encargada del ciclo del combustible nuclear (COGEMA), aportan el 25% de sus fondos. El resto corresponde a los proyectos que desarrollamos con instituciones, ministerios o centros pertenecientes al sector industrial francés o de cualquier país. También desarrollamos numerosos proyectos con la Comisión Europea.

Pregunta: **¿Cuál ha sido su trayectoria profesional hasta llegar a dirigir, en la actualidad, el CEPN?**

Respuesta: Es una buena pregunta: "¿Cómo un economista puede terminar en protección radiológica?". La respuesta es muy sencilla: Empecé a trabajar en el campo nuclear para aplicar el principio ALARA, de optimización de la protección radiológica. Este principio propugna el mantenimiento de todas las dosis tan bajas como sea

razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Cuando a finales de los 70's se creó el CEPN, que contaba entre sus objetivos con el desarrollo de la investigación en el campo de la optimización en protección radiológica, el director del centro formó un equipo de ingenieros, médicos, sociólogos y psicólogos, en el que también era necesario integrar un economista. Así pues, me incorporé al equipo. De hecho, el propio director del CEPN era economista con una buena formación en sociología. Tras su



P: Parece usted muy interesado en la evolución de los conceptos que fundamentan la protección radiológica, ¿eso significa una evolución?

R: Efectivamente, siempre he mantenido un interés personal por los conceptos básicos, por los fundamentos de las cosas. En el caso de la protección radiológica, me interesan todavía de una forma más especial, porque no siempre se entiende bien la filosofía básica que está detrás de los principios de optimización. Desde el CEPN nos encontramos, en muchas ocasiones, con dificultades para hacer llegar el mensaje de la optimización en protección radiológica. Esta disciplina ha cambiado sustancialmente a lo largo de este siglo. Durante la primera mitad del mismo resultaba interesante el estudio de los efectos deterministas y el concepto clave de límite como un umbral para éstos. En la segunda mitad, el énfasis se puso en los efectos estocásticos y surgió la necesidad de desarrollar una nueva filosofía racional. La respuesta fue el principio ALARA, pero todavía existe una gran confusión entre el límite como un umbral para prevenir la aparición de efectos deterministas y el límite para efectos estocásticos, que sólo tiene que ver con un cierto nivel de riesgo, es decir, una probabilidad de efectos. Por lo tanto, son dos lógicas diferentes. Sin

embargo, la mayoría de la gente piensa que los límites son umbrales, al menos en el campo de los operadores.

P: Sin embargo, su preocupación por las bases conceptuales no está conectada con la evolución reciente de la protección radiológica, por ejemplo, con las nuevas recomendaciones...

R: Conceptualmente no hay nada nuevo, pero considero que las nuevas recomendaciones presentan mejor las cuestiones. El verdadero avance del ICRP-60 es el vínculo de los principios básicos con la tolerabilidad del modelo de riesgo, la presentación de unos niveles de riesgo que son inaceptables, tolerables o que son despreciables. Creo que el ICRP-60 es una buena articulación de los principios básicos que pueden encontrarse en el ICRP-26, pero en el marco de la tolerabilidad de riesgo.

P: Pero en las nuevas recomendaciones se contemplan la clarificación de los límites de dosis, de la intervención...

R: No estoy muy seguro de que la ICRP-60 resulte muy clarificadora en lo que respecta a los límites, pero al menos presiona a las instituciones para que éstas sean las que clarifiquen la

cuestión. Considero que hay diferentes interpretaciones posibles sobre el concepto de límite. Básicamente, no creo que exista una evolución real. Existe, quizá, una clarificación de la terminología, de los objetivos,... Al menos los límites pueden verse como una posible herramienta para implementar la optimización (principio ALARA) de la mejor forma posible, nada más.

P: Hablemos del IRPA. ¿Consultan a esta asociación los diferentes organismos internacionales de protección radiológica en la elaboración de normas, recomendaciones, etc.?

R: IRPA no es un organismo concebido para interpretar y aconsejar sobre normas y recomendaciones. Su labor consiste, básicamente, en facilitar el intercambio de conocimientos, la comunicación y promoción de la protección radiológica por todo el mundo. IRPA es consultada por la ICRP o por la Comisión de Radiaciones No Ionizantes, pero como canal de comunicación entre las grandes organizaciones o instituciones y los profesionales, cuya opinión se busca cada vez más. En cierta medida, el principal papel que puede desempeñar la IRPA es contribuir para mejorar las bases éticas de la profesión, sobre todo en aquellos países que tienen menos posibilidades,

como los países en vías de desarrollo, y que esperan de IRPA un apoyo para promocionar una mejor ética en la forma en que gestionan la protección radiológica.

P: Dado que España es la novena sociedad de protección radiológica del mundo en cuanto a número de socios, ¿considera posible la celebración del 10º Congreso del IRPA en el año 2000 en nuestro país?

R: Como miembro del comité ejecutivo de la IRPA, es difícil para mí responder a esta cuestión. Pero, ¿por qué no?

P: En el 9º Congreso de IRPA, celebrado recientemente en Viena, se contó con la participación de las Sociedades de Protección Radiológica de los países de la Europa del Este. ¿Es la primera vez que participan?

R: Probablemente, ha sido la primera vez que se ha producido una participación masiva de los países del Este. En primer lugar, por la proximidad geográfica de Viena y, en segundo lugar, porque éste era uno de los objetivos de la organización del congreso y se ha dedicado mucho esfuerzo a ello. De hecho, tanto desde la IRPA como desde el Organismo Internacional de

Energía Atómica (IAEA) y desde la Unión Europea, se ha apoyado financieramente a los participantes de los países del Este. Además, hubo otros congresos inmediatamente anteriores, organizados también por IRPA, con motivo del décimo aniversario del accidente de Chernóbil, al que lógicamente han asistido muchos colegas de la ex-Unión Soviética. Seguramente, el IRPA 9 será recordado como el congreso en el que participaron los países del Este.

P: Hasta el momento, ningún español ha formado parte de la Junta Directiva del IRPA, ¿considera posible la incorporación de algún representante español en dicho órgano?

R: La Junta Directiva es un cuerpo abierto y en espera de todos aquellos que quieren promover la protección radiológica. La Sociedad Española es la que debe promover al candidato.

P: Usted es miembro del ICRP, forma parte del Comité III (Protección en Medicina). ¿Qué funciones desarrolla en dicho Comité?

R: Soy el Secretario del Comité III, cuya tarea básica consiste en preparar documentos en los que se promuevan

los principios básicos de la optimización de la protección radiológica en el campo médico. Estos documentos se destinan a los profesionales, ya que consideramos que todavía cabe una gran mejora en las prácticas médicas, debido a que tanto pacientes como trabajadores reciben dosis innecesarias.

P: Usted conoce, en cierta medida, el camino recorrido por la Protección Radiológica en España, ¿considera que hay muchas cosas pendientes por realizar para alcanzar, por ejemplo, el nivel de desarrollo que tiene en Francia? En caso afirmativo, ¿podría indicarnos cuáles son?

R: Aunque no estoy muy al corriente de los detalles sobre lo que pasa en España, sí puedo decir que la impresión que tengo de estos últimos cinco años es que la comunidad española vinculada a la protección radiológica está jugando un papel cada vez más importante en el contexto europeo. Los representantes españoles son miembros de pleno derecho, muy activos, que aportan gran cantidad de ideas y que tratan de solucionar todos los posibles problemas que existan en su país, sin descuidar ningún frente.



I JORNADA CIENTÍFICA "RADIACIONES NO IONIZANTES"

(Madrid, 24 de Noviembre de 1995)

Organizada por la Sección de Radiaciones No Ionizantes de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y la European Bioelectromagnetics Association (EBCA) en colaboración con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

El Acto de Inauguración y Apertura de la Jornada, fue presidido por el **Prof. Manuel Martín Lomas**, Vicepresidente del CSIC, **D. Manuel Lázaro Lafuente**, Subdirector General de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (Ministerio de Industria y Energía), el **Dr. Leopoldo Arranz**, Presidente de la SEPR y el **Prof. Guglielmo D'Inzeo**, Presidente de la EBCA.

El Acto de Clausura de la Jornada fue presidido por el **Prof. Julio Alvarez-Builla G.**, Vice-Rector de Investigación de la Universidad de Alcalá de Henares (Madrid) y el **Dr. Leopoldo Arranz**, Presidente de la SEPR.

Los objetivos principales de esta Iª Jornada sobre RNI fueron los siguientes: 1. Reunir a los científicos de las diferentes disciplinas que trabajan sobre efectos biológicos de estas radiaciones y los interesados por el tema. Esta meta se dirigía especialmente a los miembros españoles de la Acción Cost 244 de la DG XIII de la Comunidad Europea, "Efectos Biomédicos de los Campos Electromagnéticos" (CEMS); 2. poniéndose de relieve la complejidad del tema RNI de bajas frecuencias y los efectos no térmicos de las RNI de muy altas frecuencias, que se tome todavía más conciencia de la necesidad de colaboración entre grupos españoles; 3. que se entienda todavía más, en relación con el desarrollo tecnológico necesario de nuestras sociedades, las metas del

"European Bioelectromagnetics Centre" (EBC) y su papel promotor de este desarrollo en Europa.

Presentamos a continuación el tema de cada conferencia de esta Jornada, pidiendo a los lectores que se pongan en contacto con los ponentes si lo necesitan o con la Secretaría Técnica de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

PRIMERA SESIÓN

La Sesión Iª fue dedicada a las RNI de bajas y muy bajas frecuencias (ELF) así como a campos magnéticos (CM) constantes.

I.- El Profesor J.L. Bardasano (Universidad de Alcalá de Henares. Madrid)

presentó las *Características de las Radiaciones No-Ionizantes (RNI), Especialmente las Empleadas con Fines Terapéuticos*. Consideró "3 zonas (de menor a mayor longitud de onda): (1) radiaciones solares con su componente visible a invisible (ultravioleta e infrarrojo), zona de la fototerapia que incluye a la helioterapia (2) las microondas y radiofrecuencias, zona de aplicación de las corrientes de D'Arsonval, diatermia, onda corta, onda ultracorta (radarterapia, microterapia), etc. Los efectos generales de la corriente eléctrica son: térmico, químico y magnético. [...]. Las corrientes alternas, generadas de estas ondas, se aplican en electroterapia (efecto térmico y electroquímico) no utilizándose, por lo general, sus campos electromagnéticos; (3) la tercera abarca a las radiaciones de mayor longitud de onda, de extremadamente baja frecuencia o ELF (del Inglés extremely low frequency), que se aplican en magnetoterapia (efecto electromagnético). [...]. Mención aparte merece el laser [...] que tiene una longitud de onda visible, ya que cae dentro de la banda roja, [...] lo que le permite adquirir propiedades fisiológicas y terapéuticas muy diferentes a las de la luz ordinaria". Esta conferencia resaltó la complejidad de clasificaciones según el rango de frecuencias.

II.- El Profesor J.L. Sebastian (Universidad Complutense de Madrid) aclaró un tema de mucha importancia que se considera especialmente determinante: Efectivamente, de 29 estudios epidemiológicos realizados estos 10 últimos años, 22 han mostrado una relación entre exposición crónica a campos e incrementos de riesgos de cáncer, a partir de un mismo nivel umbral de densidad de flujo magnético de 0,2-0,3 μ T (estando la relación exposición-riesgo de cáncer, mantenida como significativa tomando en cuenta los posibles factores de confusión). Uno de los datos claves de estos estudios es la *Dosimetría y Estimación de Campos Electromagnéticos (CEMs) en Medios Domésticos y Laborales*, tema de la Conferencia.

El Profesor J.L. Sebastian nos ha presentado los rangos de densidades de flujo magnético y de fuerzas de campo eléctricos para (1) campos Sub-Radiofrecuencias ($F < 30$ kHz) y (2) campos de Radiofrecuencias: En el primer rango de frecuencias (Sub-RF), los valores de densidades de flujo magnético de fuentes naturales (sol, luna, tormentas) son del orden de 0,03 μ T y excepcionalmente de 0,5 μ T; los de fuentes artificiales, es decir, generados por el hombre, tienen intensidades mucho mayores que los atmosféricos, alcanzando en algunos ambientes industriales valores de 0,1 T. **El Prof. J.L. Sebastian** citó especialmente catenarias de trenes, para corrientes altas, líneas de alta tensión, terminales de ordenadores y algunos aparatos domésticos que en ciertas condiciones pueden generar campos magnéticos de

valores considerados hoy en día altos, entre 15 y 2,5 μ T a 50 Hz de frecuencia. Pero insistió en que la intensidad de campo disminuye rápidamente con la distancia a la fuente. En ciertos ambientes laborales que implican procesos industriales de soldadura y acerías "se han detectado cerca de los hornos, campos magnéticos de 8 mT a 50 Hz, alcanzándose valores de 0,07 T en las proximidades de los dispositivos de calentamiento por inducción a frecuencias entre 50 Hz y 10 kHz". Se explicó la importancia de la orientación de las líneas de campo magnético para las densidades de corrientes inducidas en cuerpos humanos así como el modo físico de estimaciones de estas densidades en relación con la frecuencia y la intensidad del CM de exposición.

Se insistió en un hecho que fue después explicado también por el Profesor Luis Miro (Francia), miembro del CENELEC: "No hay una regulación clara de los valores límites de exposición ocupacional a campos Sub-RF. [...] Los valores se pueden utilizar como guías para el control a la exposición a CMs Sub-RFs, pero no deben considerarse como líneas de separación entre niveles seguros y peligrosos". Así los valores recomendados son diferentes según los países, siendo de referencia las normativas del INIRC/IRPA. Un análisis similar se presentó para campos eléctricos y los campos en el rango de las RFs.

III.- La Doctora M. Angeles Trillo (Hospital Ramón y Cajal, Madrid), tuvo a su cargo de presentar el inmenso tema

de *Los Efectos Biológicos de los CEMS de Frecuencias Bajas y Muy Bajas*.

Visto que existen miles de trabajos experimentales sobre múltiples sistemas biológicos expuestos a campos de bajas o muy bajas frecuencias pero de características muy distintas de un estudio a otro, y/o de un laboratorio a otro, realizados desde hace más de 20 años, la **Dra. M.A. Trillo** ha descrito los efectos reconocidos por la colectividad científica internacional especialista, como demostrados a niveles celulares y tisulares. Entre los diferentes efectos descritos por la Dra. M.A. Trillo, destacaremos aquí dos datos de especial importancia: (1) regeneración nerviosa obtenida in vivo sobre el ciático de rata que está significativamente acelerada por exposición EM (campo pulsado de 2 Hz o campo sinusoidal de 50 Hz); (2) tasas de crecimiento celular y de síntesis de ADN se han descrito alteradas en diferentes sistemas expuestos in vitro a campos ELF, siendo más comúnmente utilizados linfocitos periféricos humanos. Campos similares a los efectivos en regeneración ósea o de varios rangos de frecuencia según la densidad de flujo magnético, han mostrado capacidad de incrementar la proliferación celular y la tasa de síntesis de ADN por sí mismos, pero también, según las características del CEM, por activación de mitógenos. La **Dra. M.A. Trillo** presentó un resumen de otros múltiples efectos y de las actuaciones de CEMS sobre las membranas de diferentes tipos celulares.

IV.- La Profesora M.J. Azanza



(Facultad de Medicina, Universidad de Zaragoza) nos ha dado una visión sintética de sus más destacados resultados sobre *Efectos de Campos Magnéticos Constantes a Nivel de la Membrana Celular. Modelo de Mecanismo de Liberación de Calcio en Neuronas*.

Relativamente a lo realizado sobre los efectos de CEMs, los estudios sobre CEMs constantes (CMC) son muy escasos. Pero si algo tienen en común es el hecho de que se enfocan cada vez más sobre mecanismos de actuación sobre el **ion Ca^{2+}** y la permeabilidad de la membrana celular a este ión. **La Prof. M.J. Azanza** nos presentó su modelo teórico de liberación de iones Ca^{2+} por la membrana neuronal por exposición a un CMC. Esta liberación de Ca^{2+} enlazado a la membrana plasmática, se produce, según este modelo, por "reorientación de los fosfolípidos y las proteínas de la bicapa (debido a que son moléculas diamagnéticamente anisotrópicas); supradiamagnetismo cooperativo de las moléculas de la bicapa y repulsión coulombiana de los iones Ca^{2+} enlazados a ambos lados de la membrana". En el curso del desarrollo de este modelo, se explicó como se pueden producir modificaciones de la actividad neuronal "sin necesidad de un aporte de energía extra, resultado de la interacción con el CMC, para la apertura de los canales iónicos. Además [el modelo] explica, en una forma cuantitativa la dependencia de la frecuencia de disparo en las neuronas con la intensidad del campo B".

Este tema fue ampliado para CEMs en la conferencia siguiente.

V.- El Doctor A. Ubeda (Hospital Ramón y Cajal, Madrid) trató de resumir los *Diferentes Mecanismos en Estudio sobre la Interacción CEMs-Sistemas Biológicos*.

Visto que "datos epidemiológicos parecen indicar que también el hombre pudiera resultar sensible a la exposición a dichos campos", el **Dr. A. Ubeda** trató de exponer más específicamente los diferentes mecanismos en estudio sobre CEMs de bajas y extremadamente bajas frecuencias. Nos ha parecido de gran importancia los comentarios y datos biofísicos desarrollados en esta conferencia por el hecho de que responden a consideraciones científicas que algunos físicos no especializados en Bioelectromagnetismo consideran aplicables en materiales como en los procesos biológicos básicos. El **Dr. A. Ubeda** explicó "que la ausencia de equilibrio termodinámico de los sistemas biológicos y su complejidad dificultan notablemente la aplicación a éstos de los principios físicos de la interacción de los CEM con la materia, establecidos hace tiempo. Un ejemplo representativo lo constituyen los resultados de diversos estudios experimentales que han revelado la existencia de "ventanas" específicas, tanto de frecuencia como de amplitud, en la respuesta de diversos sistemas a RNI. Este dato se considera indicativo de la implicación de procesos no lineales en la sensibilidad biológica a los CEM débiles. [...] La problemática de los efectos de las RNI que hemos esbozado anteriormente evidencia un tipo de interacción con los sistemas biológicos que difiere, en parte, de la observada tra-

dicionalmente, tanto para radiaciones ionizantes como para xenobióticos químicos. En consecuencia, el estudio de los bioefectos de las RNI requiere enfoques innovadores, diferentes en algunos aspectos de los empleados para otros agentes". Después de explicar que se considera actualmente que los CEMs podrían actuar como "señales de control, modificando la amplitud o la frecuencia de un proceso oscilatorio fisiológico, o alterando la tasa de una reacción química", el **Dr. A. Ubeda** presentó los diferentes mecanismos en estudio en la comunidad científica internacional, siendo tales estudios un tema prioritario en todos los países europeos y de América del Norte. (Para el análisis de los diferentes mecanismos, ver artículo del Dr. A. Ubeda en esta misma revista, 1995, Vol. III nº 9, p. 36 a 40).

VI.- El Doctor P. Vecchia presentó un trabajo que realizó con el **Dr. M. Grandolfo** (Laboratorio de Física, Instituto Nacional de la Salud, Roma, Italia), sobre *Carcinogénesis y Campos Magnéticos de Frecuencias Extremadamente Bajas: Estudios Epidemiológicos y Evaluación de Riesgos*.

Se reconoció que un análisis global del conjunto de los estudios de exposición en el medio residencial indica un riesgo doble de leucemia en poblaciones infantiles por exposición a CEMs superiores a $0,2 \mu\text{T}$, mientras datos sobre adultos son menos concluyentes. Siendo los números de casos relativamente pequeños, los resultados deberían ser confirmados. En lo referente a la exposición

laboral, los datos son más controvertidos según el **Dr. P. Vecchia y Dr. M. Grandolfo**. Se ha precisado que un análisis (que está todavía en curso en Italia) sugiere que incrementos de casos de cáncer debidos a campos generados por aparatos domésticos podrían ser superiores a los asociados a líneas eléctricas de alta tensión.

Se hizo incapié, como conclusión, en la necesidad de ampliar y coordinar estudios tanto experimentales como epidemiológicos, de importancia fundamental en relación con el desarrollo tecnológico.

SEGUNDA SESIÓN

Esta sesión fue dedicada a las RNI de altas frecuencias, Normativas y Proyectos Europeos.

VII.- El Doctor J.M. García Sagredo (Hospital Ramón y Cajal, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid) presentó los datos claves y recientes de *Mutagénesis Ambiental*.

Los métodos de detección de mutaciones fueron clasificados y ampliamente precisados. El **Dr. J.M. García Sagredo** explicó la importancia de los posibles efectos genotóxicos de las RNI en relación con datos experimentales y epidemiológicos de carcinogénesis. Hizo incapié en el hecho de que en su equipo no se ha encontrado incremento de intercambio de cromátidas en linfocitos humanos por actuación de un CEM pulsado de baja frecuencia. Pero sí encontraron en las mismas condiciones experi-

mentales, un aumento significativo de aberraciones cromosómicas inducidas por la exposición. El **Dr. J.M. García Sagredo** señaló que "La ICPEMC (International Commission for Protection against Environmental Mutagens and Carcinogens) considera que para que un agente sea declarado no genotóxico debe haber demostrado su inactividad en los siguientes niveles de pruebas genotóxicas:

- 1) Pruebas sobre alteraciones del DNA en su secuencia de bases
- 2) Pruebas sobre alteraciones en la integridad del DNA
- 3) Pruebas sobre reajustes de DNA
- 4) Pruebas sobre alteración en la segregación de los cromosomas
- 5) Pruebas sobre alteración en la estructura de los cromosomas"

Este tema, como el de los mecanismos de interacciones, es hoy en día uno de los más importantes sobre posibles efectos biológicos de RNI.

VIII.- El Profesor G. D'Inzeo (Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad "La Sapienza" de Roma, Italia) nos presentó lo más relevante y reconocido, es decir, replicado en varios laboratorios independientes, sobre los *Efectos Biológicos de Radiaciones No Ionizantes en el Rango de las Radiofrecuencias* entre 300 kHz y 300 GHz, incluyendo las microondas (300 MHz-300 GHz).

El **Prof. G. D'Inzeo** consideró 3 niveles biológicos correspondiendo (1) a la exposición de un organismo, (2) a los

efectos a nivel tisular y (3) a los observados a niveles celulares y moleculares. En estos 3 niveles fueron considerados los efectos térmicos y los no térmicos, estos últimos siendo directamente asociados a las características temporales de la señal. Se hizo incapié sobre los campos del rango de los de comunicaciones móviles y sistemas portátiles (celulares): los efectos descritos sobre un organismo expuesto son de 2 tipos, "siendo el primero un incremento de la temperatura del cuerpo, y el segundo, efectos no térmicos sobre los sistemas inmune, endocrinos y colinérgicos". Estos últimos datos están por confirmar "pero parecen depender de las características de la señal, especialmente de su intensidad modulada a ELF (3-300 Hz). Estos resultados unen los efectos no térmicos de las bajas frecuencias (incluyendo posible co-promoción cancerígena) a las de las altas frecuencias. Estudios in vitro a nivel tisular han mostrado la importancia de la modulación a ELF y no de la onda portadora [carrier wave]". El Prof. G. D'Inzeo nos comunicó que ha sido demostrado recientemente un efecto sobre linfocitos humanos de la exposición a 2,45 GHz, etc. Unos importantes puntos de aclaración fueron presentados cuando se analizaron las interacciones de componentes celulares con campos exógenos. Los efectos a los diferentes niveles de estudios para estas RNI, moduladas o no moduladas a bajas o muy bajas frecuencias, puso en evidencia la necesidad de organizar el "European Bioelectromagnetics Centre" para un esfuerzo científico y una colaboración directa entre científicos teóricos y experimentalistas para llegar a



conocer y comprender los múltiples fenómenos bioelectromagnéticos.

IX.- Las interacciones conocidas de campos magnéticos constantes y electromagnéticos de RFs fueron tratadas también por el **Profesor J.J. Vaquero** (Departamento de Ingeniería de la Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid) sobre el tema muy preciso del método de diagnóstico por *Resonancia Magnética Nuclear: Mecanismos de Actuación y Uso Clínico*.

Quando, en presencia de un potente CM principal constante, se aplica un campo de RF sintonizado a la frecuencia de Larmor, calculada según la constante giromagnética del protón y la intensidad del campo principal, se provoca un cambio de estado energético en los momentos magnéticos individuales como consecuencia del efecto de resonancia sobre el cual se basa la observación de las transiciones de estado de los momentos magnéticos del protón por el método de RMN.

El Prof. Vaquero precisó que hay que tener presentes entre los efectos biológicos de campos magnéticos constantes (dando por ejemplo la sangre y las neuronas) las recomendaciones de no utilizar fuerzas superiores a 2 Teslas. En los alternos de mediana intensidad, con baja frecuencia (gradientes empleados para la localización y codificación) y los de alta frecuencia (pulso excitador de radiofrecuencia) utilizados en el método de RMN pueden producirse efectos térmicos y no se debe sobrepasar una tasa

de 15 W/Kg que es el equivalente al metabolismo basal en un ejercicio forzado. **El Prof. J.J. Vaquero** explicó con una precisión cartesiana todos los procesos de la Resonancia Magnética Nuclear y presentó datos importantes relativos a las recomendaciones de la FDA americana y a efectos secundarios como el Efecto Misil, el Ruido Acústico etc.

X.- El tema *Láser y Luz Solar: Características e Interacciones Biológicas*, fue tratado por el **Profesor E. Guibelalde** (Departamento de Radiología, Física Médica, Facultad de Medicina. Universidad Complutense, Madrid).

La conferencia se centró más específicamente sobre la radiación ultravioleta y el láser, siendo sus riesgos bien conocidos y habiendo regulaciones nacionales e internacionales de uso. Se insistió sobre sus mecanismos de actuación y justamente sobre posibles riesgos para la salud y recomendaciones. **El Prof. E. Guibelalde** señaló que "los tubos fluorescentes de luz blanca emiten una pequeña cantidad de radiación ultravioleta. [...] Bajo ciertas condiciones, la salida UV de los tubos fluorescentes puede contribuir significativamente a la dosis anual ultravioleta de los trabajadores". Se trató de dosimetría, dosímetros personales, estándares de seguridad y recomendaciones para UV. Especial énfasis se hizo sobre la luz láser por su aplicación en múltiples campos en relación con sus características básicas: La monocromaticidad y la coherencia de esta radiación. Pero también supone riesgos por posible incidencia no deseada, especialmente en

la retina y en materiales tóxicos inflamables o de riesgo biológico. La clasificación de los láseres sobre protección, descrita en la norma europea EN 60 825, fue presentada detalladamente.

Esta conferencia, así como otras realizadas en esta 1ª Jornada sobre RNI, puso en evidencia la necesidad de reunir regularmente, médicos, biólogos, ingenieros y físicos para entender mejor como **optimizar** las aplicaciones terapéuticas de los nuevos métodos de uso de las RNI, hechos resaltados por el Prof. L. Miro, como se resume a continuación.

XI.- Los datos referentes a los conocimientos actuales sobre los efectos biológicos de las RNI presentados en esta Jornada justifican *Normativas de Exposición y Proyectos Europeos, sus Justificaciones*, presentados por el **Profesor L. Miro** (miembro del CENELEC, Servicio de Biofísica Médica, Centro Hospitalario Universitario de Nimes Caremeau, Nimes, Francia).

El Profesor L. Miro puso en evidencia que según el nivel de datos que se toma en cuenta, es decir, los efectos sobre el cuerpo humano, efectos térmicos o no térmicos, los efectos a nivel celular o molecular, se llega en Noviembre 1995 a varias recomendaciones de seguridad según los países. **El Profesor Miro** citó como referencias, normativas legales, en general nacionales diferentes para varios países entre los cuales Alemania (DIN VDE 848), Australia, Austria (ÖNPRM S 1120), Polonia, Suecia (NBOSH), Checia/Slo-

vakia y USA (ANSI 95.1 -1991) etc. y la ICNIRP. En vez de enumerar cada una de las normativas, el **Prof. L. Miro** nos presentó un análisis de los problemas que ocasionaron sus utilizaciones: Diferentes rangos de frecuencia para límites de tipos de efectos; argumentaciones de las normativas occidentales según criterios biológicos distintos y de dosimetría según diferentes metodologías y en fin, el problema de los implantes activos y pasivos. De hecho "las normativas no solucionan de manera adecuada todos los problemas de seguridad en cuanto a la utilización industrial o doméstica de los CEMs". Faltan datos científicos y desarrollar investigaciones para lograr tenerlos. "Estas investigaciones deben

realizarse en condiciones técnicas, físicas y biológicas intachables [...] y desde el punto de vista de dosimetría tiene que haber una colaboración muy estrecha [...] pluridisciplinar". Debe haber investigaciones a varios niveles biológicos de complejidad, desde bioquímico y celular hasta epidemiológicos, para comprobar la validez de estos límites. "Además todas estas investigaciones deben hacerse con las varias frecuencias utilizadas en industria o por el público. En fin, debemos tener en cuenta que el coste de esta investigación es bastante elevado y no puede ser garantizado por un solo país. Así parece que su financiación no pueda ser otra que Europea". No hay duda según el **Prof.**

L. Miro que solo el *European Bioelectromagnetics Centre* "permitirá un desarrollo sin riesgos insuperables de la utilización industrial y doméstica de los Campos Electromagnéticos por el bien de todos".

Esta Iª Jornada "**RNI**" ha justificado el trabajo en común de los Científicos Especialistas en Protección Radiológica con los Médicos, Físicos y otros especialistas en RNI de España y Europa.

Dra. Jocelyne Leal

Jefe de Servicio de
Bioelectromagnetismo
Hospital Ramón y Cajal
28034 Madrid

CONCLUSIONES DE LA I JORNADA SOBRE MAMOGRAFÍA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La jornada científica "Mamografía y Protección Radiológica" que, organizada por la Sociedad Española de Protección Radiológica (S.E.P.R.), ha tenido lugar en el Hospital La Paz de Madrid, en febrero pasado, con una asistencia de 80 especialistas, ha puesto de manifiesto, a través de las distintas ponencias y de la mesa redonda, el papel que la protección radiológica y sus principios básicos puede jugar a la hora de promover y dinamizar foros de discusión entre diferentes grupos de profesionales (radiólogos, preventivistas, físicos médicos y responsables de programas de garantía de calidad en este caso),

en relación con el uso médico de las radiaciones ionizantes, que en múltiples ocasiones tiene un calado social significativo.

Dado el continuo desarrollo de las técnicas de diagnóstico por imagen (Rayos X, Resonancia Magnética y Ecografía), el análisis beneficio/detrimento y, por tanto, el principio de "justificación", subyace permanentemente en el proceso de la mamografía en general y especialmente en los programas de detección precoz del cáncer de mama. Asimismo, dicho principio incide en la necesidad de comunicación de datos entre centros o servicios

para evitar repetir exploraciones y la de hacer análisis periódicos de las placas desechadas.

Las "Normas Básicas Internacionales de Seguridad para Protección contra Radiaciones Ionizantes" recogen las indicaciones de la ICRP 60 y en el capítulo de usos médicos se indica que los responsables de las instalaciones están obligados a tomar medidas para evitar la producción de errores y disminuir sus consecuencias, y que deben implantarse programas de garantía de calidad, con la colaboración de expertos, incluido el experto en radiofísica, en los que debe incluir-



se la verificación y registro de factores físicos y clínicos adecuados, para diagnóstico o terapia, así como "niveles de referencia" para exposiciones médicas.

La jornada "Mamografía y Protección Radiológica", cuyas conclusiones se publican en esta revista, ha puesto de manifiesto la importancia de crear foros de debate y grupos de trabajo interprofesionales, en los que distintos puntos de vista se proyecten sobre un tema relacionado con el uso médico de las radiaciones ionizantes, con el consiguiente enriquecimiento de su análisis, así como la aportación en la elaboración de procedimientos que, basados en los principios fundamentales de la radioprotección, reporten el mayor beneficio posible a los pacientes.

CÁNCER DE MAMA

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es uno de los pocos tumores en el que el principal agente terapéutico es la detección precoz de las lesiones neoplásicas malignas, método mediante el cual se reduce la tasa de mortalidad de forma sustancial. En este sentido se orientan la realización de autoexploración, la instauración de controles mamográficos periódicos y la adopción de medidas preventivas (como la utilización de sustancias bloqueantes de la acción carcinogénica de los

estrógenos). Estas medidas de diagnóstico precoz y prevención, junto a un mejor conocimiento de los mecanismos implicados en su aparición, pueden permitir una significativa reducción de la mortalidad del cáncer de mama en los próximos años.

GENERALIDADES

El cáncer de mama es la neoplasia ginecológica más importante como causa de mortalidad especialmente en mujeres entre 40 y 45 años de edad. Afecta a una de cada diez mujeres en los países occidentales y representa aproximadamente el 20 por ciento de todas las neoplasias malignas del sexo femenino. Epidemiológicamente, del 70 al 80 por ciento de todos los cánceres de mama aparecen en pacientes sin factores de riesgo identificables y la probabilidad de padecer un cáncer de mama durante toda la vida es del 12 por ciento, siendo la probabilidad de fallecer debido a cáncer de mama del 3,5 por ciento. Su incidencia aumenta notablemente tras los 50 años de edad, siendo las pacientes con una edad superior a los 75 años y las familiares en primer grado (hermanas, madres, hijas) de mujeres con carcinoma de mama las que constituyen los grupos de riesgo más elevado. Concretamente, en los casos de incidencia familiar, se ha determinado que las mujeres muestran un riesgo dos a tres veces superior que la población general.

Los mecanismos patogénicos del carcinoma de la glándula mamaria no

han podido ser establecidos de forma exacta, lo que explica parcialmente la elevada mortalidad de esta enfermedad después de más de 30 años de planteamientos terapéuticos agresivos basados en la cirugía, la radioterapia y la quimioterapia. En cambio, su incidencia ha aumentado invariablemente en un uno por ciento anual a lo largo de los 40 últimos años, lo que permite afirmar que este tipo de neoplasias ginecológicas sólo puede ser controlado mediante el diseño de políticas sanitarias adecuadas de detección precoz y prevención en los estratos de población femenina más susceptibles de sufrir la enfermedad.

Se sabe que, junto a los factores genéticos hereditarios familiares, el cáncer de mama se ve influenciado por factores endocrinos, por la dieta y el ejercicio, por diversos factores ambientales, por el uso de fármacos con actividad estrogénica y por la existencia previa de lesiones mamarias benignas. Entre todos estos factores, destacan los aspectos hormonales sexuales ya que la aparición precoz de la menopausia, la nuliparidad y la edad avanzada al presentar el primer embarazo parecen ser factores independientes que se asocian con el aumento en la incidencia del cáncer de mama. Concretamente, esta neoplasia tiene una incidencia doble en mujeres cuyo primer embarazo se produce después de los 24 años de edad, y cuádruple si se produce después de los 30 años. Además, el uso de estrógenos como anticonceptivos orales durante perío-

dos superiores a 10 años o como alivio prolongado de los síntomas postmenopáusicos se asocia con incrementos significativos del riesgo relativo de cáncer de mama. Finalmente, se ha comprobado que el aumento del riesgo del cáncer de mama en mujeres con mastopatía benigna parece limitado a aquellas mujeres que presentan signos histológicos de proliferación ductar o lobulillar en la biopsia (aproximadamente, el 30 por ciento de las pacientes con biopsia de características benignas), sobre todo si muestran rasgos de hiperplasia atípica (tres por ciento de los casos).

DIAGNÓSTICO PRECOZ: VENTAJAS E INCONVENIENTES

INTRODUCCIÓN:

Prof. Vicente Pastor

En diciembre de 1995, durante el Congreso de la SESPAS en Barcelona, en las Recomendaciones contenidas en el Informe sobre la Salud de los Españoles, se hacía una especial referencia al cáncer de mama. En él se dice: "El cáncer de mama es una enfermedad de magnitud suficiente como para ser considerado un problema de salud prioritario."

Efectivamente el cáncer de mama es el tumor maligno más frecuente en la población femenina española con una incidencia: 40-75/100.000 mujeres, según los registros de cáncer con base poblacional.

Se trata, por tanto, de la primera causa de muerte por cáncer en mujeres ya que su tasa de mortalidad alcanza 28,2/100.000 mujeres en 1992. Y esto significa el 18,4% del total de muertes por cáncer en mujeres según el I.N.E. en 1995.

La probabilidad actual de que una mujer española adquiera un cáncer de mama antes de los 75 años es casi de un 5%. Quiere decirse que un 1/20 desarrollará un cáncer de mama antes de esta edad.

Y el futuro no parece ser mejor, ya que la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, Lyon 1993, atribuye a nuestro país tendencias crecientes tanto en Incidencia como en Mortalidad por esta causa.

Esta preocupante situación ha hecho volver los ojos hacia los Factores de Riesgo que determinan su aparición (nivel primario de la prevención). Sin embargo de entre estos los No Modificables (auténticos marcadores de riesgo) como: sexo, edad, antecedentes familiares y personales, parecen determinantes (80% de los casos se dan en mujeres de más de 50 años), mientras que los Factores de Riesgo Modificables (alcohol, dieta, obesidad, tabaco) son de menor peso o no están suficientemente evidenciados.

Esta situación convierte, por el momento, al Diagnóstico Precoz y el consiguiente adecuado Tratamiento en los métodos fundamentales de actua-

ción ante este importante Problema de Salud, y por ello nos parecen muy acertadas tanto la idea como los componentes de esta Mesa Redonda.

CONCLUSIONES

I. Existe un acuerdo entre los ponentes, pese a su diferente enfoque profesional, en considerar la Mamografía como Técnica de elección para el Diagnóstico Precoz Colectivo.

Esta utilidad viene dada porque presenta mejores valores tanto en Sensibilidad (80%-90%), esto es la capacidad de detectar los positivos (enfermos), como en Especificidad (80%-95%), esto es la capacidad de detectar los negativos (sanos), mayor que el resto de las pruebas existentes hasta este momento.

II. Se trata de la única técnica capaz de detectar lesiones inferiores a 7 mm, a cambio de una dosis de radiación absorbida por exploración muy baja (> 0,002 Gy) a nivel glandular. Estas dosis tenderán a reducirse sin menoscabo de una buena calidad de imagen, al llevar a cabo un programa de Garantía de Calidad, de acuerdo con el Real Decreto 2071/1995 por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.

III. También existe consenso, entre los ponentes en la utilidad de la Mamografía como prueba de "screening" en aquellas mujeres que superen los 50 años.



Se recomienda realizar dos proyecciones con periodicidad uni o bianual -según las características del tejido mamario-, ya que se ha comprobado que contribuye a reducir la mortalidad, entre un 25% y un 50%, según el escalón etario investigado.

IV. Este acuerdo no se da, sin embargo, en la recomendación de la técnica -con las mismas garantías- para el grupo de mujeres que se encuentran en el escalón etario de los 40 años a los 49 años.

A este respecto la opinión dividida de los ponentes refleja la misma situación existente entre prestigiosas instituciones y su correspondiente bibliografía publicada en los últimos años.

En este caso, tanto la recomendación como las proyecciones y periodicidad quedarían supeditadas al juicio clínico individual correspondiente a cada paciente y sus propios factores de riesgo.

V. La existencia de algunos de estos factores de riesgo:

- a. Mujeres con carga familiar de carcinoma de mama.
- b. Mujeres con mastopatía fibroquística importante.
- c. Mujeres con tratamientos prolongados con estrógenos.
- d. Mujeres con menarquia temprana.
- e. Mujeres con menopausia tardía.
- f. Mujeres con nulíparas.
- g. Mujeres que no han amamantado.
- h. Mujeres que han dado a luz después de los 30 años.
- i. Mujeres postmenopáusicas con altos niveles estrogénicos en citología vaginal.
- j. Mujeres mastectomizadas parcialmente.

Y sobre todo la suma de varios de ellos, en la misma mujer, puede condicionar -a juicio de algunos de los ponentes- la oportunidad de realizar mamografías sistemáticas a partir de los 35 años. En este caso se recomien-

da utilizar una sola proyección oblicua y con una periodicidad comprendida entre los doce a dieciocho meses, para detectar las posibles patologías en fase de intervalo.

VI. Mientras las investigaciones en marcha sobre nuevos Tests Diagnósticos son comprobadas científicamente, esta técnica y su aplicación en equipo ha contribuido a reducir la mortalidad -por esta causa- en un 25% aproximadamente. Por ello, pensamos que, debidamente utilizada, junto al examen clínico y la práctica de la autoexploración periódica todavía poco frecuente en nuestro entorno (entre 15% y 40% en los países de la U.E.) puede no sólo seguir reduciendo la tasa de mortalidad específica sino también mejorar la calidad de vida de las pacientes. Esto ocurre porque el diagnóstico más precoz permite, a su vez, tratamientos más conservadores, como se ha comprobado en estudios piloto llevados a cabo en colaboración con la Asociación Española contra el Cáncer.

CONFERENCIA SOBRE LOS ASPECTOS EN DISCUSIÓN EN LAS NUEVAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

El pasado 13 de febrero, en el salón de actos del Ciemat, D. Abel González, Director de la División de Seguridad Radiológica y Residuos del Organismo Internacional de Energía

Atómica, impartir una conferencia sobre los aspectos en discusión en las nuevas Normas Básicas de dicho Organismo, que fueron aprobadas en la reunión de su Junta de Gobernadores del 12/09/94 y,

posteriormente, publicadas como parte de la colección "Safety Series" (nº 115 I)

El núcleo central de la conferencia estuvo dedicado a lo que, sin duda alguna, constituye hoy en día la temática más

controvertida dentro del ámbito de la protección radiológica, las bases científicas sobre la relación dosis-efecto en las que se sustentan los límites de dosis de las recomendaciones de ICRP-60. Esta controversia, que se inició en el mismo momento en que la ICRP presentó a la comunidad científica internacional el primer borrador de dichas recomendaciones, se ha visto incrementada en los últimos tiempos, a raíz de que la Academia de Ciencias Francesa se haya manifestado oficialmente en contra de los argumentos científicos utilizados en ICRP-60 para justificar los nuevos límites de dosis.

El profesor González presentó un exhaustivo resumen de los conocimientos actuales en todo lo relacionado con los efectos biológicos de las radiaciones a nivel molecular, incidiendo especialmente en los mecanismos de reparación del daño a nivel celular. En su opinión, y a pesar de los espectaculares avances en el conocimiento de dichos mecanismos de interacción y reparación que se han producido en los últimos años, existe todavía muchísima incertidumbre, especialmente a niveles de dosis y tasas de dosis bajas, que son los habituales en radioprotección.

Ante esta realidad, que parece que nadie discute, el profesor González se mostró plenamente comprensivo con los expertos de la ICRP que, en una actitud prudente, asumieron la hipótesis de la no existencia de un umbral de dosis en la relación dosis-efectos, lo que en la práctica supone admitir que cualquier inte-

racción de las radiaciones con la materia viv tiene una cierta probabilidad de provocar efectos nocivos, probabilidad que aumenta linealmente con la dosis. En esta línea se mostró muy crítico con el informe de la Academia de Ciencias Francesa en el que, en su opinión, se habían intermezclado consideraciones puramente biológicas con aspectos reguladores o de percepción de riesgo que, evidentemente, forman parte de campos de actuación muy diferentes.

En lo que se refiere a las perspectivas de futuro en los avances de los conocimientos de los efectos biológicos a nivel molecular, el profesor González reconoció que, en los últimos años, la radiobiología había contribuido de forma muy significativa al desarrollo de lo que es la actual doctrina en la relación dosis-efectos, pero que no era una solución mágica de cara a solventar totalmente la importante incertidumbre que todavía existe; en su opinión, dicha solución sólo podrá venir de la biología molecular, es decir, del conocimiento profundo del genoma humano, lo que permitirá conocer como la radiación interacciona con él y, por tanto, como lo afecta.

Indicó asimismo que la epidemiología nunca podrá resolver esta problemática por una cuestión estadística elemental, por una parte el cáncer es una enfermedad muy común (más de un 20% de los fallecimientos) y, por otra, el riesgo de inducción de cáncer debido a radiaciones es muy bajo (5% por Sv), por ello, los casos de cáncer radioinducido se enmascaran en la propia desviación estadística

de esa frecuencia natural de muerte por cáncer. Frente a aquellos estudios epidemiológicos que tratan de demostrar que no existen casos de cáncer radioinducido con niveles de dosis en torno a las oscilaciones típicas del fondo radiactivo natural, el profesor González argumentó que no es que no existan, es que no se pueden detectar por problemas estadísticos, que sólo podrían solventarse en caso de disponer de grupos de población irradiados (y de control) tan grandes que, de hecho, no existen. En este sentido, presentó un gráfico muy ilustrativo que mostraba que para obtener evidencia epidemiológica fiable sobre radioinducción de cáncer a niveles de dosis del orden de 1 mSv/a se necesitaría una población irradiada de 10^{10} personas, y una población de referencia equivalente.

Otro de los focos de atención de la conferencia del profesor González fue el de algunos aspectos semánticos de la doctrina de la protección radiológica que, en la práctica, se traducen en que tal doctrina sea difícil de entender por personas ajenas al ámbito de la radioprotección, aunque posean una formación técnica y científica relevante.

Inició especialmente en el peculiar significado del concepto de límite en protección radiológica frente al significado de este mismo concepto en toxicología y disciplinas afines. En protección radiológica el límite se refiere a un valor frontera entre lo que se entiende como tolerable y lo que empieza a ser considerado como inaceptable y, por tanto, el hecho de exceder dicho límite no conlle-



va necesariamente la aparición de efectos nocivos; esta realidad, perfectamente conocida por los profesionales de la radioprotección, es difícil de entender por profesionales de otras disciplinas para los que el concepto límite tiene una connotación de separación entre lo que se puede considerar inocuo y lo que, con certeza, se puede considerar peligroso.

En este mismo contexto, indicó que llama poderosamente la atención a los profesionales de otras disciplinas científicas el hecho de que los límites de protección radiológica se refieran a incrementos de las dosis sobre un valor de fondo y no al valor absoluto de la dosis, reconociendo que esta situación da lugar a importantes problemas de interpretación; baste señalar como muestra que el límite de dosis al público (1 mSv/a) es inferior al valor promedio de la dosis recibida por los habitantes de nuestro

planeta por exposición a radiación natural. En esta misma línea de autocrítica reconoció que la selección de algunos de los términos más representativos de las nuevas Normas Básicas (prácticas e intervenciones) puede no haber sido excesivamente afortunada, puesto que, asimismo, se pueden prestar a confusión cuando profesionales de otras disciplinas científicas estudian nuestra problemática.

Otro de los temas abordados en la conferencia fue el de las ventajas e inconvenientes derivados del establecimiento de bandas de valores en las regulaciones como, por ejemplos como las que en algún caso se han establecido en límites de contaminación en alimentos. La posición del profesor González en esta temática fue tajantemente contraria al establecimiento de bandas en las regulaciones, en su opinión, los reguladores deben establecer valores y no bandas, y

estos valores serán tanto mejores cuanto más genéricos y universales sean.

El último apartado de la conferencia trató de la percepción pública de la protección radiológica, el profesor González manifestó que hay que invertir serios esfuerzos en torno a esta problemática habida cuenta de la innegable connotación negativa que la utilización de radiaciones ionizantes tiene para una buena parte de la sociedad; en su opinión es necesario modificar el mensaje que en la actualidad los profesionales de la radioprotección dirigen al público ("estos temas son muy difíciles de entender", "se trata de una tecnología muy compleja", etc.), puesto que, de seguir así, esa parte de la sociedad nunca aceptará el uso de las radiaciones.

Ignacio Amor

Consejo de Seguridad Nuclear

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (SEPR) PUBLICACIONES

Se indican a continuación las publicaciones realizadas por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) que incluyen Libros de Comunicaciones de los Congresos celebrados, Ponencias presentadas en las diferentes Jornadas Monográficas realizadas y los libros elaborados por la SEPR. Junto a los títulos se refleja el precio correspondiente.

Las personas interesadas en adquirir las publicaciones indicadas pueden solicitarlas a la Secretaría Técnica de la SEPR.

3 ^{er} Congreso SEPR, Valencia.....	2.000 pts.	1 ^a Jornada de Radiaciones No Ionizantes	2.000 pts.
4 ^o Congreso SEPR, Salamanca (2 V.).....	3.000 pts.	1 ^a Jornada de Mamografía y Protección Radiológica....	2.000 pts.
5 ^o Congreso SEPR, Santiago.....	2.000 pts.	Generación y Gestión de residuos de baja actividad	3.000 pts.
1 ^a Jornada Nacional de Dosimetría externa e interna ...	2.000 pts.	ICRP - 60	6.000 pts.
2 ^a Jornada de Emergencias en instalaciones radiactivas	2.000 pts.	Guía de Gestión de Material Radiactivo	3.000 pts.

VI CONGRESO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA (Córdoba, del 24 al 27 de septiembre de 1996)

Información General

Sede del Congreso: FACULTAD DE MEDICINA. Avda. Menéndez Pidal, s/n. 14004-Córdoba.

DE CONGRESOS CIENTIFICOS, S.L. C/ Caño, 3 - 1º 1. 14004-Córdoba. Tels. (957) 48 04 78 - 48 33 11. Fax (957) 47 96 51.

Hasta el 15 de mayo de 1996.

RESERVA DE ALOJAMIENTO: Hasta el 6 de septiembre de 1996.

Secretaría Científica: SERVICIO DE PROTECCION RADIOLOGICA. FACULTAD DE MEDICINA. Avda. Menéndez Pidal, s/n. 14004-Córdoba. Tels. (957) 21 82 75. Fax (957) 21 82 74.

Fechas de interés: RECEPCION DE TRABAJOS: Hasta el 1 de abril de 1996.
NOTIFICACION DE ACEPTACION:

	Antes del 15-7-96	Después del 15-7-96
INSCRIPCIONES		
Socios de la SEPR	40.000 Ptas.	50.000 Ptas.
No Socios	50.000 Ptas.	60.000 Ptas.
Acompañantes	20.000 Ptas.	25.000 Ptas.

Secretaría Técnica: SECRETARIA

PROGRAMA DE LAS SESIONES

DIA	HORA	9,00 - 11,00	11,00 - 11,30	11,30 - 13,30	13,30 - 15,00	15,00 - 16,30	16,30 - 17,00	17,00 - 18,30
Martes, 24		Recepción y entrega de documentación						
Miércoles, 25		SESION INAUGURAL CONFERENCIA La radiactividad después del descubrimiento de Becquerel	Café	SESION 1 A La P.R. del público y del medio ambiente SESION 1 B La P.R. de los trabajadores	Almuerzo de Trabajo	SESION 2 A La P.R. del público y del medio ambiente SESION 2 B La P.R. de los trabajadores	Pausa	Asamblea de la SEPR
Jueves, 26		SESION 3 A La radiación natural SESION 3 B Los efectos biológicos de las radiaciones	Café	SESION PLENARIA MESA REDONDA ICPR 60 y normativa	Almuerzo de Trabajo	SESION 4 A La normativa de PR. SESION 4 B Magnitudes radiológicas y medida	Pausa	Presentación y discusión de los posters
Viernes, 27		SESION 5 A Formación y aspectos sociales de la P.R. SESION 5 B La P.R. del paciente	Café	CONFERENCIA P.R. diez años después de Chernobyl SESION DE CLAUSURA				



GRUPOS DE TRABAJO S.E.P.R.

GRUPO SOBRE "PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN INSTALACIONES RADIATIVAS DE INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA"

Coordinadora:

Angeles Sánchez Sánchez (Centro de Biología
Molecular "Severo Ochoa" (CSIC-UAM))

Miembros:

Ana Carnero, Marta Cebrián, Sol Durá, M^a Tere-
sa Macías, Alejandra Martínez, M^a Josefa
Menéndez, Mar Sánchez, Fernando Usera

Informe

En la actualidad el grupo está en los comienzos, empezando por un primer contacto por carta con cada uno de los miembros del grupo. El objetivo inicial propuesto es la elaboración de un "Manual de Protección radiológica de instalaciones radiactivas de investigación biológica", donde se refleje el conjunto de normas adecuadas a estas instalaciones, ya que presentan una serie de peculiaridades que las hacen diferentes a las existentes en hospitales, industria, etc.

Una vez finalizada la elaboración de dicho documento, será remitido al Consejo de Seguridad Nuclear solicitando su conformidad para la posterior aplicación del mismo en todas las instalaciones de Centros de investigación biológica; de esta manera se podrá homologar y mejorar el funcionamiento de las mencionadas instalaciones.

Se ha comenzado realizando un esquema previo del mencionado Manual que posteriormente pasaremos a desarrollar,

y tenemos previsto realizar una reunión con todos los miembros del grupo, ya que algunos residen fuera de Madrid.

Desde aquí os invitamos a todos los socios que estéis interesados en participar en el mencionado grupo y con las sugerencias a realizar que consideréis oportunas.

GRUPO SOBRE EMERGENCIAS EN INSTALACIONES RADIATIVAS

Coordinadora:

Marisa Marco Arbolí (CIEMAT)

Miembros:

Carmen Baixeras Divar, Juan M. Campayo Esteban, Juan M. Cañizares Martínez, Tomás Casanova Blanco, Francisco Díaz de la Cruz, Andrés Gómez García, María Teresa Macías Domínguez, Alfonso Martínez Ortega, Inmaculada Piles Alepuz y Juan I. Villaescusa.

Informe

El Grupo de Trabajo indicado está elaborando un documento sobre análisis de emergencias en instalaciones radiactivas que será presentado en el próximo Congreso de la SEPR.

Este documento aplicará a las situaciones de emergencia de las instalaciones radiactivas industriales, de investigación y médicas, tanto en el uso de fuentes encapsuladas o generadores de radiaciones ionizantes como en el uso de radioisótopos no encapsulados.

GRUPO SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

Coordinadores:

Manuel Alonso Díaz y Andrés González Tutor
(Hospital Universitario "Marqués de Valdecilla".
Santander).

Miembros:

Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz, José
Ignacio Bilbao Jauregizar, Antonio Jesús Eche-
nagusía Belda y Eliseo Vañó Carruana.

Informe

Con la publicación de la "Guía Básica de Protección Radio-
lógica para Radiología Intervencionista" y su distribución a los
socios de la Sociedad Española de Radiología Vasculare e
Intervencionista, en el Congreso de la citada Sociedad que se
celebró en Málaga a finales del pasado mes de Septiembre,
este grupo alcanzó su primer objetivo.

Aunque se sigue manteniendo la idea de elaborar otros
documentos de interés para el colectivo de radiólogos inter-
vencionistas, en este último período no se ha celebrado ningun-
a reunión para abordar los nuevos proyectos.

GRUPO DE TRABAJO SOBRE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO

Coordinador:

Eliseo Vañó Carruana

Miembros:

Manuel Alonso Díaz, Alfonso Calzado Cantera,
Margarita Chevalier del Río, Luciano González
García, Eduardo Guibelalde del Castillo (Secreta-
rio), Ignacio Hernando González, Pilar López
Franco, Pilar Morán y Pedro Rodríguez Rodrí-
guez.

Informe

Tal y como se indicó en la Jornada Científica de la Sociedad
Española de Protección Radiológica celebrada el pasado 24 de
noviembre de 1995 en el Consejo Superior de Investigaciones
Científicas, este grupo complementará el trabajo realizado por
el Comité de redacción del Protocolo Español de Control de
Calidad en Radiodiagnóstico.

Dicho Protocolo ya está en prensa y su publicación es inmi-
nente.

El plan de trabajo del Grupo de Control de Calidad en RD de
la SEPR es el siguiente:

- Celebrar una reunión plenaria del Grupo el jueves 9 de
mayo a las 11 de la mañana en los locales de la Cátedra
de Física Médica (Facultad de Medicina de la Universidad
Complutense). **Esta nota debe considerarse como
convocatoria del grupo de trabajo.**

Los objetivos iniciales del grupo de trabajo serán:

- Aplicar el documento de forma piloto en distintas instala-
ciones y analizar las dificultades prácticas que surjan.
Para ello, se distribuirán las diferentes áreas del Proto-
colo entre los diferentes miembros del Grupo para que las
apliquen con carácter piloto y elaboran un informe de



problemas que puedan surgir para que sea analizada en la siguiente reunión plenaria.

- Analizar los aspectos prácticos del Real Decreto 2071/1995, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico (BOE 23/enero/95).
- Analizar documentos y protocolos de control de calidad de otros países.
- Mantener actualizada la bibliografía de control de calidad en RD.
- Desarrollar procedimientos. Se planteará una estrategia similar a la indicada en el primer objetivo.
- Proponer ampliaciones al protocolo.
- Potenciar la participación con los grupos de trabajo de normalización (AENOR, CEI, CENELEC, etc). Se aportarán documentos de trabajo de normas en curso para que sean analizadas por los miembros del Grupo.

GRUPO SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS EN HOSPITALES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA

Coordinadora:

Marina Téllez de Cepeda (Hospital La Paz)

Miembros:

Antonio Castell, M^a Teresa Ortiz, Juan Diego Quesada, Pilar Olivares, Marina Téllez, Angeles Sánchez, M^a Teresa Macías, Rafael Plaza Aparicio.

Informe

El Grupo de Trabajo indicado ha cumplido el objetivo para el que había sido creado. El pasado mes de marzo se ha publicado la "Guía de Gestión de material radiactivo en instituciones médicas y centros de investigación biológica". En la sección de publicaciones aparece un comentario del citado documento.

Una vez finalizado el trabajo, el Grupo se ha disuelto.

• FLASHES INFORMATIVOS • • FLASHES INFORMATIVOS •**■ SITUACIÓN RADIOLÓGICA DEL ATOLÓN DE BIKINI**

La situación radiológica en las Islas Marshall (Atolón de Bikini) ha sido analizada por un grupo de expertos convocado por el OIEA. En el análisis se examinaron tanto la situación actual como la posible puesta en práctica de medidas de remedio, para la contaminación de los suelos y vegetales.

El atolón de Bikini fué evacuado en 1946 al ser utilizado como polígono de ensayos nucleares por parte de los Estados Unidos (hasta 1958). Los pobladores no retornaron de forma permanente debido a la contaminación radiactiva, producida.

El grupo asesor concluyó que si la población regresara las dosis anuales eran suficientemente altas (hasta 15 mSv) como para justificar medidas de intervención para reducirlas.

Entre las alternativas analizadas se destaca la aplicación de potasio a los suelos para reducir la incorporación de Cs-137 a los árboles frutales y cultivos.

■ EL CIEMAT ORGANIZARÁ LA PRÓXIMA CONFERENCIA INTERNACIONAL DE DOSIMETRÍA DE ESTADO SÓLIDO (SSD98)

Los pasados 8 y 9 de Marzo del presente año tuvo lugar en el CIEMAT una reunión de la Internacional Solid State Dosimetry Organization (ISSDO), y entre otros asuntos se firmó un acuerdo por el que el grupo de

Dosimetría de Radiaciones del CIEMAT, se encargará de organizar la 12 Solid State Dosimetry Conference en 1998. Se trata de una conferencia científica sobre la aplicación de métodos y técnicas de estado sólido a la dosimetría de radiaciones. Dosimetría en aplicaciones clínicas, dosimetría personal y ambiental, así como datación y dosimetría retrospectiva son temas que serán tratados en la Conferencia, incluyendo una variedad de técnicas de medida como TL, ESR, OSL, semiconductores, etc., etc.

Esta Conferencia se organiza cada tres años y las pasadas ediciones tuvieron lugar en Oxford (organizada por el NRPB), Viena (Seibersdorff), Washington (Georgetown University) y Budapest (Institute of Isotopes).

Los proceedings de las últimas Conferencias se han publicado en Radiation Protection Dosimetry, aplicando a los trabajos presentados las normas usuales de revisión y aceptación de esta revista.

■ LABORATORIO DE METROLOGÍA DE RADIACIONES IONIZANTES

En la reunión del Consejo de Ministros del día 15-3-96, se aprobó el Real Decreto 533/96 (BOE Nº 77, de 29 de marzo) por el que se declara al Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), como depositario de los Patrones Nacionales de las unidades de actividad de un radionucleido, exposición, kerma y dosis absorbida, y, al mismo tiempo, se le declara también como

laboratorio asociado al Centro Español de Metrología en el campo de las radiaciones ionizantes. En consecuencia, el laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT será en adelante responsable en nombre del Estado de la custodia, conservación, mantenimiento y difusión de los Patrones Nacionales de dichas unidades. Esta disposición viene a sancionar legalmente las actividades que, de hecho, ya venía desarrollando el citado laboratorio asegurando la coherencia de las medidas de radiaciones en los diferentes sectores del país y actuando como laboratorio de referencia nacional en línea con las instituciones análogas de otros países del entorno.

■ PROYECTO S.I.R.MA

Tras varios meses de trabajo, la compañía LAMSE ha hecho entrega a una de las centrales nucleares españolas del primer programa informático desarrollado por dicha compañía (S.I.R.MA), que permite automatizar todas las medidas radiológicas sobre mapas digitalizados y fotografías de la planta.

El programa, realizado según los requisitos de la propia central nuclear, va a permitir un mayor control visual de todos los datos radiológicos, históricos y gráficos, asociados al estado de funcionamiento de la misma.

El equipo de profesionales de LAMSE, tanto el grupo de informática como el de comunicación, están trabajando para continuar con una 2ª y 3ª fase de ampliación de dicho programa.

ACUERDO PARA LA APROBACIÓN DE LAS NUEVAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LA UNIÓN EUROPEA

En el Comité de Representantes Permanentes (COREPER) que se celebró el 21 de diciembre pasado en Bruselas y al que asistieron los embajadores de los quince Estados Miembros, se alcanzó un acuerdo político para la aprobación de la Directiva por la que se establecen las nuevas Normas Básicas de Protección Radiológica de la Unión Europea; dicha aprobación se hará efectiva una vez que se cuente con las traducciones oficiales a las lenguas comunitarias del texto (versión inglesa) sobre el que se ha alcanzado el acuerdo.

El texto objeto del acuerdo corresponde a una propuesta de compromiso elaborada por la Presidencia Española que, finalmente, ha contado con un impor-

tante respaldo por parte de los Estados Miembros, puesto que en la votación realizada no hubo ni una sola delegación que se manifestara en contra de su aprobación, aunque algunas delegaciones (Francia, Holanda e Irlanda) presentaron declaraciones unilaterales en relación con aspectos concretos de la propuesta.

Este acuerdo de aprobación ha sido reconocido por la Comisión y por los distintos Estados Miembros como un notable éxito para nuestro país, que ha logrado culminar brillantemente un proceso que se inició en 1990 y al que muy pocos vislumbraban un final dado lo enconado de las discusiones. La aprobación de esta Directiva había sido fijada

por el Gobierno como uno de los hitos a alcanzar, en el ámbito industrial, durante la Presidencia Española.

La nueva Directiva viene a actualizar y reforzar las disposiciones de la Directiva todavía vigente (Directiva 80/836 modificada por 84/467) y supone una adaptación a las recomendaciones básicas establecidas por la Comisión Internacional de Protección radiológica en su publicación nº 60, incorporando algunas novedades (nuevos límites de dosis, exposición a radiación natural, etc.) de las que se pueden derivar importantes repercusiones prácticas.

Ignacio Amor
Consejo de Seguridad Nuclear

NUEVO REAL DECRETO SOBRE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO

Desde el pasado 24 de enero se encuentra en vigor el Real Decreto 2071/1996, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. Esta normativa desarrolla parte del Real Decreto 1132/1990, por el que se establecían medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos. Al mismo tiempo, determina los criterios de calidad en radiodiagnóstico, fijados en el art. 4 del RD 1132/1990 y en la especificación técnica 4ª del anexo I del RD 1891/1991.

Según este nuevo Real Decreto, y teniendo en cuenta los mencionados, queremos hacer notar tres consideraciones:

1. Queda pendiente por desarrollar el art. 5 del RD 1132/1990, en el que se establecía que aparecerá un Real Decreto donde se fijarán las circunstancias en que será exigible a las instalaciones de Radiodiagnóstico disponer de la figura del radiofísico. Por tanto, y mientras este punto se concrete, se aplicará el art. 2 y la disposición transitoria única.

2. Queda también pendiente de aparición el Real Decreto que defina la figura del radiofísico.

3. Los Reales Decretos 1891/1991 y 2071/1995 son de igual rango y las exigencias sobre Controles de Calidad de los equipos, que en ellos se contienen, no se contradicen ni se excluyen entre sí y, en consecuencia, habrá que realizar cada una de ellas, sin perjuicio de un dictamen jurídico más preciso.

Conferencia de D. José Alejandro Pina Barrio

ENRESA: «Trayectoria y compromiso de futuro»

Jornadas X Aniversario de ENRESA.

Madrid, 16 de octubre de 1995

Quiero, en primer lugar, agradeceros vuestra presencia, vuestro apoyo y vuestro interés al acompañarnos en estas jornadas de tanta significación para todos los que conformamos el equipo directivo y el colectivo profesional de ENRESA. Sabemos que habéis hecho un hueco entre vuestras ocupaciones y que las horas que habéis decidido dedicar a participar en este encuentro habrán de ser necesariamente recuperadas para vuestras agendas, dado lo complicado que resulta hoy en día hacer frente, en tiempo y forma, a los múltiples compromisos que nos apremian.

También considero de justicia redoblar este agradecimiento a todos los ponentes y participantes activos que no han dudado en colaborar con nosotros, aceptando amablemente la invitación que se les dirigió. Mención especial merecen nuestros socios y amigos del resto de la Unión Europea, de Suiza y de la OCDE que nos honran con su presencia y demuestran de manera inequívoca que la gestión ambiental desborda las fronteras nacionales y genera una fructífera colaboración internacional a todos los niveles.

La gestión de los residuos —bien sean urbanos, industriales o radiactivos— obliga, por su propia naturaleza, a la reflexión permanente.

La evaluación de lo actuado y la proyección de las tendencias futuras no están nunca de más en este ámbito. En efecto, la secuencia lógica de los procesos productivos en las sociedades industriales, determina que las soluciones que se adoptan en relación a la minimización y gestión de los residuos presentan simultáneamente —y quizá esto sea una paradoja—, dos características contradictorias: de un lado, se trata de dar respuesta a problemas de gran repercusión social que trascienden el campo de la producción e inciden sobre la biosfera y el entorno medioambiental de las sociedades, comprometiendo su futuro. De otro, resulta que, históricamente, las soluciones técnicas a estos problemas se han abordado siempre con un importante desfase respecto al proceso industrial mismo, generando incertidumbres y desajustes y aumentando el riesgo de efectos indeseados o no previstos para las personas y el medio ambiente.

Nuestro caso concreto patentiza esta situación, puesto que cuando se abordó, hace ya más de cuatro décadas, el desarrollo pacífico de la energía nuclear, es evidente que se ignoraba casi todo lo relacionado con la gestión segura de los residuos radiactivos.

Así pues, si cualquier momento es bueno para hacer un alto en el camino,

considero que ahora, cuando se cumplen los diez años de ENRESA, se dan las circunstancias propicias que aconsejan apartarse un poco del día a día, y reflexionar sobre el camino futuro a seguir.

En parte, por decoro; en parte porque resultaría ocioso —dado el grado de conocimiento del tema que un público tan cualificado como el presente tiene al respecto—, y en parte para no aburrir al respetable, no les abrumaré con un ejercicio de autocomplacencia insistiendo más de lo estrictamente imprescindible en los logros y realizaciones de la Empresa durante este período.

ENRESA se creó en 1985 por decisión soberana de quien tenía la máxima legitimidad institucional para hacerlo —el Parlamento—, con un encargo exacto y preciso que el Gobierno recogió en el Real Decreto de constitución de la Sociedad. En estas circunstancias no es de extrañar que la empresa se construyera de una manera potente, capaz de abordar y resolver una serie de cuestiones que estaban sobre la mesa y que se encontraban dispersas o en embrión bajo la tutela de diferentes organismos y empresas.

El primer aspecto que quiero destacar es la planificación.



Tal y como el Real Decreto de constitución prevé, ENRESA ha de integrar toda la actividad real y financiera, presente y futura, en el marco de la planificación deslizando que hemos venido en llamar Plan General de Residuos Radiactivos (P.G.R.R.) y que el Gobierno aprueba periódicamente. Esto nos ha obligado a una armonización de todas nuestras actividades y ha hecho posible una reconsideración permanente de los puntos fuertes y débiles, de las prioridades, de la financiación y del camino crítico de nuestra programación empresarial. Gracias a esta planificación se han tenido en cuenta, desde el comienzo, alguno de los principios fundamentales que han de caracterizar la buena práctica en materia de residuos nucleares, y muy especialmente el **principio de solidaridad intergeneracional** que obliga a tratar y a soportar el coste de la gestión de los residuos a la generación que está disfrutando de sus beneficios, rechazando cualquier hipoteca o carga indebida para las generaciones futuras.

En estas condiciones repasaré telegráficamente los avances conseguidos en los últimos años que han hecho de ENRESA una empresa consolidada con velocidad de crucero en múltiples actividades de su competencia, no sólo en el campo de la gestión, sino en el de la tecnología. (Espero que la brevedad de los hitos que voy a reseñar, no vaya en menoscabo de su importancia).

1) Se ha establecido un sistema de minimización, acondicionamiento,

transporte y caracterización de RMBA de todos los orígenes (industriales, médicos y energéticos).

2) Se dispone de un centro único para toda España de almacenamiento de RMBA actividad –El Cabril, en el término municipal de Hornachuelos, Córdoba– que incorpora las tecnologías más modernas mediante un sistema de barreras múltiples –de ingeniería y naturales– dotado de capacidad integral para la gestión, lo que sitúa a nuestro país a la cabeza de las experiencias internacionales en este sentido, junto a Francia, EE.UU, Suecia, Reino Unido y Japón. El mantenimiento de su capacidad en 36.000 m³, permitirá hacer frente a las necesidades de almacenamiento derivadas de la utilización racional de las fuentes generadoras de dicho tipo de residuos.

3) Se ha habilitado un sistema que resuelve la retirada e inertización de los pararrayos radiactivos. Este asunto, de gran transcendencia para una opinión pública desinformada se ha resuelto mediante la transferencia de titularidad de las fuentes de Am-241 de los pararrayos radiactivos instalados en España a la firma inglesa AMERSHAM INTERNATIONAL.

En cualquier caso, esta solución hubo de adoptarse ante la irracionalidad de posturas arengadas por los explotadores

de los miedos atávicos. De nada sirvieron los informes del Consejo de Seguridad Nuclear, organismo dependiente directamente del parlamento de la nación, en los que se ponían de manifiesto la total ausencia de riesgos que un almacenamiento en superficie de los mismos conllevaría para el medio ambiente.

4) En RAA se han acometido con éxito dos líneas de actuación claves, de cara, tanto al almacenamiento temporal, como a permitir que los programas científicos destinados al diseño y caracterización del almacenamiento geológico profundo cuenten con el tiempo de maduración suficiente que su desarrollo exige tanto en España como a nivel internacional. Estas dos líneas de actuación a las que me refiero son las siguientes:

a) Se ha incrementado la capacidad de almacenamiento intermedio en las CC.NN. gracias al cambio de bastidores en las piscinas. Esta operación se encuentra finalizada en las CC.NN. de Almaraz y Ascó, habiendo comenzado un proyecto de la misma índole para Trillo y Garoña. Asimismo está en estudio la viabilidad de su aplicación a las CC.NN. de Zorita, Cofrentes y Vandellós II.

b) Se ha licenciado por parte de la autoridad reguladora americana –la NCR– el primer contenedor metálico de doble uso para com-

bustible gastado (almacenamiento y transporte), pieza clave para el almacenamiento temporal en superficie. Este contenedor es el producto de un acuerdo entre ENRESA, VIRGINIA POWER y el EPRI que fue adjudicado a la empresa NAC, por lo que se ha venido en llamar contenedor NAC-STC, su homologación por parte del CSN, permitirá disponer de una solución avanzada para abordar en su momento el transporte de los residuos al ATC o al AGP sin necesidad de nuevo tratamiento de los mismos.

Una de las razones que avalan la elección de estos contenedores como tecnología de almacenamiento es la independencia de otras instalaciones para su utilización. Otro aspecto importante es la flexibilidad, ya que por su carácter modular se puede ajustar a su fabricación y suministro a las necesidades de las distintas centrales, no existiendo además, la necesidad de realizar una fuerte inversión inicial en instalaciones tipo piscina o bóvedas. Finalmente, otro factor —y no el menos importante— a la hora de decidir esta tecnología, fue la posibilidad de incorporar ésta a la industria nacional. Así, la organización del proyecto se estableció de forma que se maximizara la transferencia de tecnología y se pudiera, en un futuro, proceder a diseñar y fabricar estos equipos desde una perspectiva eminentemente nacional.

5) Gracias al Plan de Búsqueda de Emplazamientos —algunos de cuyos procesos ya han finalizado—, se ha incrementado notablemente el acervo de nuestro conocimiento de la geología española, de cara a un futuro Almacenamiento Geológico Profundo en formaciones estables de granito, sal y arcillas.

Además, nuestras investigaciones se han puesto a disposición, mediante el oportuno contrato, de la Secretaría del Estado de Medio Ambiente, que estudia su utilización para la selección de depósitos de seguridad de residuos tóxicos. De esta manera, se comprueba, que las investigaciones desarrolladas por cuenta de nuestra empresa no tienen una única utilización finalista.

6) Se han llevado a cabo dos planes de I+D que han articulado un conjunto de programas y proyectos muy ambiciosos cuyo objeto es la puesta a punto de las tecnologías específicas, el conocimiento exacto de los procesos y parámetros que intervienen durante el confinamiento de los residuos y la demostración de la seguridad a largo plazo de los almacenamientos. Por lo que se refiere al diseño conceptual de un almacenamiento geológico profundo, es de destacar que ya se ha obtenido un diseño preliminar en cada una de las tres formaciones. A lo largo de este año se completará una segunda fase cuyo objeto es disponer de un concepto de almacenamiento soportado por una valoración de seguridad.

Nadie que haya seguido la trayectoria de ENRESA a lo largo de nuestros dos primeros planes de I+D, podrá negar la contribución de nuestra empresa al incremento del acervo tecnológico nacional. Y esto, no tanto por el esfuerzo en recursos —que es importante—, cuanto por el número de personas dedicadas a esta tarea. En efecto, creo que podemos enorgullecernos de contribuir a las tareas de investigación en nuestra patria y en nuestro sector si tenemos en cuenta que en las actividades de I+D están involucrados alrededor de 500 investigadores pertenecientes a entidades públicas, departamentos universitarios, empresas y organismos internacionales.

7) Otra línea de actividad en la que se han llevado a cabo importantes actividades en estos primeros diez años de vida de ENRESA es la clausura y desmantelamiento de instalaciones que han terminado su actividad industrial. He de citar en primer lugar la clausura de la Fábrica de Uranio de Andújar, ya finalizada, y que ha sido completada con un ambicioso proyecto de restauración del emplazamiento.

Sirva como ejemplo de la tarea de desmantelamiento de la FUA el que la remodelación del dique (un millón de metros cúbicos de estériles repartidos en dos escombreras) consistió en recortar su altura y recolocar el material excavado en los costados del dique. En total se removieron 429.000 metros cúbicos de estériles, que una vez compactados quedaron reducidos a 361.000.



Nuestra experiencia en este proyecto de clausura- el de mayor envergadura llevado a cabo hasta ahora en España- nos permite abordar con gran experiencia el desmantelamiento de la CN de Vandellós I.

Para ello, ENRESA ya ha presentado al Ministerio de Industria y Energía el correspondiente Plan de Desmantelamiento. Actualmente se está completando el proyecto de ingeniería de detalle que permita la contratación de las obras una vez que el título de explotador responsable sea transferido de la sociedad propietaria - en este momento HIFRENSA- a ENRESA.

El proyecto a desarrollar persigue liberar cerca de un 80 % del emplazamiento de la central nuclear en cuatro años. Una vez que esta etapa haya finalizado, y transcurridos otros 25 años, podrá abordarse el desmantelamiento del cajón de hormigón y el reactor con sus estructuras internas. De esta manera quedará totalmente libre y sin restricción alguna para otros usos el terreno donde estuvo emplazada la central nuclear.

8) Finalmente, aunque sin duda no lo menos importante, se cuenta con un sistema de financiación basado en el principio de que, aunque externalizado, la segunda fase del ciclo del combustible nuclear es un coste que debe ser satisfecho en el mismo momento del consumo. Así pues, los costes derivados de la gestión de los residuos radiactivos son asumidos por los agentes generadores de dichos residuos de manera que

las compañías eléctricas dedican un porcentaje de la recaudación de la tarifa (porcentaje que ha sido históricamente decreciente) a su financiación, precisamente durante el período de vida productiva de las centrales nucleares.

Evidentemente este sistema produce un desajuste entre los flujos de ingresos y pagos dando origen a lo que se ha venido a denominar el "fondo de la segunda fase del ciclo del combustible nuclear", de cuya administración es responsable ENRESA y cuyos indicadores de rentabilidad han venido mostrando algo a lo que, por otra parte, estábamos obligados: la buena gestión del mismo.

¿Por qué nos encontramos ahora en una encrucijada? . Formalmente, porque debemos cumplir los objetivos que el Gobierno nos ha marcado en el IV PGRR, y nosotros mismos en el III Plan de I+D. De hecho, porque ha llegado ya el momento en el que, para avanzar, resulta necesario en primer lugar iniciar los imprescindibles estudios de verificación a escala real y ensayos "in situ" y, simultáneamente, porque la experiencia acumulada nos indica la absoluta necesidad y perentoriedad de consensuar e implantar los procedimientos de selección de emplazamientos, incluyendo las formas de participación en la decisión final de las Administraciones, organizaciones interesadas y público en general.

Esta necesidad queda reflejada en el IV Plan General de Residuos Radiactivos donde el Gobierno anuncia su propósito

de elaborar un proyecto de ley en tal sentido. Este nuevo marco legal habrá de contemplar los procedimientos de designación tanto de un Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC), como de un Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), así como las ayudas socioeconómicas a las zonas de ubicación de instalaciones.

En definitiva se trata de aplicar el principio de solidaridad intrageneracional que completa el ya mencionado de solidaridad intergeneracional, principios ambos que desarrolla el documento de la NEA-OCDE que se ha repartido entre ustedes.

En este sentido hemos de mirar muy de cerca la situación en países de nuestro entorno a fin de extraer las lecciones que nos puedan ser útiles. Desde las dificultades que está teniendo el programa americano - relacionadas fundamentalmente con la contención del déficit público -, al nuevo planteamiento adoptado en Francia en materia de procedimiento, control parlamentario, transparencia y voluntariedad - pasando por las actuaciones llevadas a cabo en Canadá o Suecia -, todas son experiencias que nos pueden ayudar a la comprensión del fenómeno de aceptación y/o de rechazo social y el subsiguiente tratamiento político y comunicacional del tema.

Pero, con independencia de cómo se concreten las modalidades de este consenso y se materialice el nuevo marco legal que permita acometer las actuaciones en materia de residuos de Alta,

ENRESA no puede esperar cruzada de brazos. Nuestra labor consistirá en : a) seguir trabajando en las líneas de actuación programadas, b) en servir de apoyo a las administraciones implicadas y c) en no escatimar esfuerzos a la hora de trasladar a la sociedad civil el sentido de nuestro trabajo, haciendo ver, de un lado, la necesidad del tratamiento y almacenamiento seguro de los residuos radiactivos así como el coste de no hacer nada, medido en términos de riesgo, recursos y disfunciones del aparato productivo.

En el primer aspecto, ENRESA está convencida del importante papel que juega ella misma como instrumento a favor de la defensa del medio ambiente: los residuos, - independientemente de las políticas de minimización que se dan por supuestas en todo país avanzado -, siempre se generarán en alguna medida. Incluso en la hipótesis de que por parte de las instancias democráticas, legitimadas para ello, se decidiera en algún momento la moratoria absoluta, ENRESA, como ente gestor del tratamiento y almacenamiento seguro de los residuos radioactivos, seguiría teniendo que cumplir su cometido con aquel volumen de residuos que se hubiera generado hasta la fecha.

Pero hoy este no es el caso y ENRESA, sin complejos, ha de cumplir el mandato democrático para el que fue creada, en el convencimiento de que sus responsabilidades son ecológicas, al preservar al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Como servicio público que gestiona los residuos radiactivos, y dada la actitud que gran parte de la sociedad tiene sobre " lo nuclear", llegando a ser las actitudes antinucleares casi actitudes políticas e ideológicas que a veces rayan en la superstición, ENRESA debe dejar bien claro ante la opinión pública cuál es su objeto y que los residuos no los produce ENRESA sino la sociedad que ha elegido la energía nuclear como solución a sus necesidades energéticas. Es decir, ENRESA lo que hace es mitigar y eliminar en su totalidad los efectos indeseables del uso de la energía nuclear. En consecuencia, la eficiencia de ENRESA será la comunicación, la imagen, el estar con la sociedad sirviéndole al tranquilizarla con una gestión segura de los residuos y con una información transparente.

Así pues, podemos decir que la estrategia en ENRESA tiene dos vectores claros: seguridad y comunicación. Que podríamos sintetizar sólo en seguridad, pues la comunicación tiene como fin el dar seguridad psicosocial a la ciudadanía; como seguridad tecnológica da seguridad física: ecológica y sanitaria.

Estamos convencidos que la fase en la que actualmente nos encontramos las soluciones técnicas no representan, en ningún caso, un escollo insuperable para llevar a buen fin los objetivos del PGRR. Esto es absolutamente cierto para el almacenamiento temporal en superficie, problema resuelto gracias a los últimos desarrollos de contenedores y en concreto - por lo que a nosotros se refiere - por el contenedor NAC-STC recientemente

licenciado al que ya he tenido ocasión de referirme anteriormente. En estas circunstancias resulta lógico que el IV PGRR contemple la necesidad de disponer de un Almacenamiento Temporal Centralizado. Esta decisión es a nuestro entender obligada por varias razones:

- El ATC es una solución rigurosa que no encierra ningún problema de concepto al estar basado en tecnologías ciertas y verificadas. Podríamos decir que conceptualmente el Almacenamiento Temporal Centralizado, más que una modalidad de almacenamiento, es una fase de ingeniería más en un proceso industrial, y, como tal, plenamente disponible, fiable y probada.
- La centralización temporal del combustible nuclear gastado resulta aconsejable porque se simplifica notablemente la logística y la seguridad con la consiguiente disminución de los costes de operación. Hablamos de una instalación pasiva, sin problemas de presiones, ni de temperaturas, etc...

Pero es que, además, el Almacenamiento Temporal Centralizado hace independiente la decisión de desmantelamiento de las CC.NN de la retirada de los residuos. No tendría sentido que un emplazamiento originalmente autorizado para albergar una Central Nuclear durante un período limitado de 30 ó 40 años se convirtiera automáticamente y por la vía de los hechos consumados en un almacenamiento de residuos radiactivos.



Criterios de racionalidad evidentes, aconsejan proceder a la liberación de los diversos emplazamientos nucleares y a la concentración ordenada de los residuos en otro que satisfaga los requerimientos de idoneidad y de aceptabilidad.

- Finalmente, el ATC permite que la investigación y designación del Almacenamiento Geológico Profundo se haga no por presión de los plazos (de saturación y desmantelamiento), sino cuando se haya completado todo el programa de I+D, que por su magnitud y características debe ser desarrollado equilibradamente y de acuerdo con los plazos y prioridades marcados y sólo después de haberse llevado a cabo las pruebas necesarias en laboratorios "in situ" que aseguren la viabilidad de esta solución. Hay que señalar, también, que el ritmo y etapas de este complejo esfuerzo de investigación y desarrollo se realiza a nivel internacional y que la interdependencia tecnológica entre países es muy alta, por lo que al final ningún país podrá destacarse o aislarse en el campo del AGP.

La fecha de disponibilidad de este almacenamiento intermedio estará en función de las hipótesis que se consideren sobre la vida útil de las centrales, por lo que estaríamos hablando del año 2003 para el caso de 30 años y del 2013 para el caso de 40 años.

Por lo que respecta al Almacenamiento Geológico Profundo existe hoy día un amplio consenso en la comunidad cientí-

fica e instituciones internacionales de que a largo plazo y en el estado actual de la técnica es una solución válida puesto que parece éticamente rechazable y operativamente problemático cargar a las generaciones futuras con instalaciones activas de residuos durante miles de años. Múltiples razones, diría que de sentido común abonan esta estrategia. En este sentido España no puede ser una excepción por lo que ENRESA concentrará sus esfuerzos en este campo. Con este fin acabamos de poner en marcha el III Plan de I+D con un presupuesto importante - 8.700 Mpts de los cuales 7.750 van destinados a residuos de alta (3.300 a campo próximo y 3.600 a campo lejano o geosfera). Las líneas de trabajo contempladas en este Tercer Plan son, en síntesis, las siguientes:

- Verificación de la viabilidad de las barreras de ingeniería.
- Comportamiento y disolución del combustible gastado.
- Programa de análogos naturales.
- Verificación de metodologías y aplicación de modelos.

Cabe indicar que estas líneas básicas de actuación se centrarán en estudios "in situ" y a escala real relacionados con el almacenamiento de RAA, el desmantelamiento de Centrales Nucleares y la Protección Radiológica Asociada.

En paralelo seguiremos con el Plan de Búsqueda de Emplazamientos, ahora en una nueva fase que llamamos ZOA que tendrá por objetivo confirmar la validez de las áreas preseleccionadas, para cul-

minar con la propuesta al Gobierno y al Parlamento, a finales de esta década, de la designación de los emplazamientos susceptibles de albergar un repositorio de este tipo.

Por consiguiente nuestra convicción es que el AGP, dados los medios y recursos con que cuentan las actividades asociadas de I+D, la colaboración internacional y lo ya avanzado, tampoco implica ningún obstáculo en la estrategia de almacenamiento seguro de RAA.

Entendemos que el problema principal se encuentra en la aceptación social y local de dichos almacenamientos - e incluso de los laboratorios y ensayos previstos - y que la única estrategia a desarrollar en este campo es la de la batalla de la información gracias a una política de comunicación basada en la transparencia y en la transferencia del conocimiento.

La proximidad al sector nuclear de ENRESA es lógica por la naturaleza de los residuos. El desarrollo de la tecnología nuclear hace necesario que una dimensión fundamental de ENRESA esté vinculada al universo nuclear, pero sin que esta realidad de los procesos tecnológicos y de los clientes condicionen el fin de la empresa, que no es nuclear. ENRESA no es la continuación del proceso productivo nuclear, aunque tecnológicamente esté en la misma banda. ENRESA es la empresa que debe destruir y almacenar los efectos indeseables de una producción energética muy peculiar, como es la energía nuclear. En esto hay

una coincidencia con los productores nucleares: el manejo de la energía nuclear está basado en su difícil control. Por tanto, se deberá estar colaborando y participando, en la medida de lo posible, en I+D nuclear, incluso en la fase de optimización de la materia prima, pues deberá suponer menos residuos. Es decir, la conclusión deseable de ENRESA sería su extinción como consecuencia de la optimización en la producción y en el uso de la energía nuclear.

La experiencia indica que el rechazo social se da allí donde se desconoce absolutamente todo de los residuos, desligándolos de las actividades industriales beneficiosas que los han generado.

También es cierto que se produce un rechazo si los ciudadanos no perciben una sistemática y un orden en la gestión de los residuos y consideran arbitrarias o impuestas las soluciones adoptadas.

Hay que partir del hecho de que con independencia de la postura que se mantenga en relación con la energía nuclear, el problema de los residuos no desaparece, por lo que se trataría pues de eliminar los riesgos que plantean.

En las evaluaciones de riesgos influyen muchos factores técnicos que realmente son de difícil comprensión, y, por lo tanto, de aceptación para el público en general. El criterio de riesgo usado subconscientemente por el ciudadano varía mucho, de forma que a veces se aceptan cosas con niveles de riesgo relativamente altos, como el automóvil, mientras que

se cuestiona la seguridad de cualquier instalación relacionada con la energía nuclear para la que el riesgo calculado es mucho menor. Por ello es de gran importancia saber cuál es el riesgo percibido (no el calculado), y a este respecto parece necesaria la participación de psicólogos y científicos expertos en temas sociales que establezcan métodos de medida de los principales elementos de persecución pública de riesgo.

La seguridad cien por cien no existe en ninguna actividad humana y en particular en ningún sector industrial. Del almacenamiento de los residuos radiactivos, etapa principal de la gestión de los mismos, bien podría decirse, sin embargo, con los conocimientos de que se dispone actualmente y teniendo en cuenta que se trata de instalaciones pasivas, que es posible garantizar su seguridad aunque la opinión pública pueda tener otra percepción.

La estrategia del almacenamiento definitivo de los residuos de alta actividad a gran profundidad en formaciones geológicas estables, probablemente el aspecto más problemático de la gestión, debe tener en cuenta aspectos de equidad no sólo intergeneracional, aplicando los mismos estándares de riesgo para el futuro que los actuales y limitando las responsabilidades económicas legadas a las futuras generaciones, sino también intrageneracionales, posibilitando la implementación de medidas a medio plazo en función de los resultados de los progresos científicos y permitiendo, con dicho proceso, la consulta con las partes interesadas, incluyendo el público, a todos los niveles.

Es decir, la estrategia del almacenamiento geológico de los Residuos de Alta Actividad puede ser diseñada e implementada de forma que sea sensible a consideraciones fundamentalmente éticas y medioambientales, estando justificado desde estos dos puntos de vista, continuar el desarrollo de tales repositorios, siempre que se deje abierta, durante muchas décadas, la posible adaptación, a la luz de los avances científicos y aceptabilidad social, sin excluir el que otras opciones puedan ser desarrolladas en etapas posteriores.

Sin entrar a valorar el papel de las instituciones en el tema o la posible necesidad de una acción política que incida en las posiciones sociológicas, sí conviene hacer llegar a la opinión pública el mensaje de que sí es posible gestionar los residuos radiactivos sin riesgo para el medio ambiente, tanto en el momento presente como a muy largo plazo y sin el riesgo indebido para las generaciones futuras que no se han beneficiado de la energía eléctrica producida por y para nosotros.

Esto encaja en el concepto principalmente ético de "desarrollo sostenido" definido como "satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para afrontar sus propias necesidades". No obstante, puesto que hoy en día no puede asegurarse que la sociedad futura mantendrá el conocimiento y las instalaciones necesarias para la protección de las personas y el medio ambiente de los riesgos inherentes a una estrategia de



almacenamiento supervisado, quizás, lo más importante sea que las generaciones actuales que han disfrutado de los beneficios directos de la energía nuclear y la aplicación de los radioisótopos en medicina e industria, no dejen a las futuras generaciones la carga de responsabilidad y el coste de los recursos, tratando de evitarlo en el momento presente.

Una variedad de motivaciones influyen en la aceptación social; algunas de naturaleza ética, mientras que otras se refieren a opinión pública, tendencias y modas. Es importante a este respecto hacer una distinción entre convicciones sociales y justificaciones éticas, con objeto de evitar reducir la cuestión de moralidad a una de aceptabilidad, o la no aceptación a la que pueda ser justificada éticamente.

Hoy en día, la pregunta sería si el curso de acción propuesto es suficientemente seguro y si las alternativas dadas resumen mejor los principios éticos discutidos, que poco tienen que ver con la ciencia positiva y que están más relacionados con los sentimientos. La respuesta no es sencilla.

Hay, sin embargo, unos principios éticos que admiten la mayoría y que deben ser respetados. Estos principios son los que deben presidir cualquier política de gestión de los residuos

radiactivos y la forma en que se transmite al público la posibilidad de dicha gestión. Conviene matizar, por otra parte, que precisamente la ética no se encuentra protegida por las leyes del mercado y que el problema de los residuos radiactivos no se resuelve fácilmente por la exclusiva actuación de dicho mercado. Hay que tender puentes entre la Ciencia y la Sociedad.

En este sentido parece necesario que cada organización responsable de algún aspecto de la gestión de los residuos radiactivos elabore planes de comunicación con el objetivo de informar, dar datos, conseguir la mayor vinculación posible con los agentes sociales. Lograr un consenso internacional sobre los temas de envergadura sería también tranquilizador.

En este campo de actividad, ENRESA, en la medida de sus posibilidades, está dispuesta a colaborar y asumir las responsabilidades que le corresponden. Sin embargo ENRESA no se considera capaz, dado que está fuera de sus competencias, para hacer frente a campañas organizadas de desinformación. Si algún grupo de personas u organizaciones actuaran mediante la técnica del agit-prop contando con los medios suficientes para ello, sólo las administraciones y las organizaciones sociales y políticas responsables podrían neutralizar esta política siem-

pre nefastas en que el fin justifica los medios.

Mientras tanto, ENRESA, como ha venido haciendo a lo largo de estos primeros diez años de su existencia, continuará trabajando con el convencimiento de que su aportación a la sociedad española está guiada por un único principio: resolver los problemas que el decurso de la utilización de los radioisótopos plantea a esa misma sociedad.

Y lo haremos con el mejor activo con que contamos: el conjunto de todos y cada uno de los 267 trabajadores que componemos nuestra empresa.

Creo que lo realizado hasta ahora nos avala en nuestro empeño de futuro.

Si estas Jornadas sirven para avanzar en el camino diseñado nos daremos por satisfechos. Y desde ahora, y a pesar de los escollos que presumiblemente irán surgiendo, queremos reclamar a todos ustedes y a la sociedad española en general, el coraje necesario para resolver definitivamente el problema de los residuos radiactivos que, como reza el lema de estas Jornadas, es una CUESTIÓN DE ESTADO. Frente a la pasividad del esperar, nosotros pensamos que es mejor avanzar. Pero para avanzar, reclamamos el derecho, recogido en nuestro decreto fundacional, a seguir trabajando.

CARTA DEL PRESIDENTE DE LA S.E.P.R. SOBRE EL TÍTULO DE RADIOFÍSICO HOSPITALARIO

Por su interés profesional, reproducimos a continuación la carta enviada por el Presidente de la S.E.P.R. a la Ilma. Sra. Dña. Emilia Sánchez Chamorro, Subdirectora General de Ordenación de las Profesiones Sanitarias. Ministerio de Sanidad y Consumo.

La Sociedad Española de Protección Radiológica en reunión de la Junta Directiva celebrada el día de ayer, 14 de febrero de 1996, ha discutido el texto del borrador del 20 de octubre de 1995 referido al Título de Radiofísico Hospitalario.

Por tanto, he de hacerle llegar, como Presidente de la referida Sociedad, las siguientes consideraciones:

1. La S.E.P.R. es una Sociedad científica que aglutina a profesionales de Titulación universitaria diferente (médicos especialistas, físicos, químicos, ingenieros, farmacéuticos, biólogos, etc.) con una clara vocación de rendir un servicio a la sociedad. Su potencial científico está basado en la diversificación del origen laboral de sus más de 500 socios —Sanidad, Industria, Ciclo del Combustible, Universidad, Investigación, Organismos Reguladores, etc.—, por lo que cualquier postura que tome la S.E.P.R., desde el punto de vista científico, técnico o profesional, no conlleva, ni puede conllevar, ninguna actitud corporativista que pudiera ser propia de otros colectivos.

2. La redacción del Artículo 2 ap. 1 entra, en nuestra opinión, en clara contradicción con los borradores elaborados anteriormente con los que la S.E.P.R. mostró su acuerdo. Resulta totalmente incoherente con el propio Preámbulo del Real Decreto en el que se especifica textualmente que se requiere que el *Sistema Sanitario cuenta con verdaderos expertos que acrediten unos conocimientos en física de las radiaciones superiores a lo*

que en esta materia tienen los profesionales tradicionalmente implicados en la asistencia sanitaria, por lo que desde nuestro punto de vista se propone que el Ministerio de Sanidad asuma la siguiente redacción del Artículo 2:

ARTICULO 2

1. Estar en posesión del Título universitario correspondiente a la Licenciatura en Físicas.

2. Estar en posesión de cualquier otra titulación universitaria superior en Ciencias o Ingenierías siempre que el interesado/a por su formación previa en Físicas y Matemáticas sea habilitado expresamente por la Comisión Nacional de la Especialidad en Radiofísica Hospitalaria para poder acceder a las pruebas selectivas a las que se hace referencia en el párrafo siguiente.

Nos gustaría hacer llegar a la consideración de V.I., que el trabajo que en este sentido realizan los especialistas en Radiofísica —«Física de las Radiaciones»— de la Unión Europea es la correspondiente a la Licenciatura de Ciencias Físicas y que no se acepta la acreditación profesional de esta especialidad con formación básica proveniente de otros estudios superiores. España no debe ser «diferente» en esto.

Entendemos que resulta una grave irresponsabilidad aceptar que los riesgos asociados al ejercicio profesional de esta especialidad sanitaria puedan recaer en profesionales sin la formación básica adecuada en Física de las Radiaciones.

Madrid, 15 de febrero de 1996

Leopoldo Arranz
Presidente S.E.P.R.

CONGRESOS Y REUNIONES

• XIVth WORLD CONGRESS ON OCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Madrid, España 22-26 Abril 1996
Secretaría del Congreso, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, C/. Torrelaguna, 73
E-28027 Madrid-España

• INT. SYMP. ON IONIZING RADIATION: PROTECTION OF THE NATURAL ENVIROMENT

Estocolmo-Suecia, 20-24 Mayo 1996
Swedish Radiation Protection Institute, Cart
Magnus Larsson, S-171 16
Stockholm Sweden

• SYMPOSIUM ON EXPERIENCE IN THE PLANNING AND OPERATION OF LOW LEVEL WASTE DISPOSAL FACILITIES

Viena-Austria, 17-21 Junio 1996
Conference Services Section,

IAEA, PO BOX 100,
A-1400 Vienna, Austria

• 41st ANNUAL MEETING OF THE HEALTH PHYSICS SOCIETY

Seattle-USA, Julio 21-25, 1996
Health Physics Society.
Administrative Services
8000 Westpart Dr., Suite 130, Mc Lean
Va 22102, USA

• 3rd INT. CONFERENCE ON ENERGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

San Juan de Puerto Rico, 9-16 Septiembre 1996
Información: Juan A. Bonnet, Jr.
UPADI, PO BOX 192017,
San Juan, PR 00919-2017, USA

• 12th SYMPOSIUM ON MICRODOSIMETRY

Oxford, UK - 29 Septiembre a 4 de Octubre de 1996
Información: Dr. H.G. Menzel,
EC.DGXII/F/6
Rue de la Loi 200, B-1049
Brussels, Belgium
FAX 32 2 296 6256, Email:
H.Menzel@mhsq.cec.be

• INT. CONFERENCE ON RADIATION AND HEALTH

Beer-Sheva, Israel - Octubre 1996
Soroka Medical Center, PO BOX 151, Beer-Sheva
84101, Israel

• RADIATION BIOLOGY AND RADIATION PROTECTION

Hannover, Alemania, 23-25 Octubre 1996
Información: Fachverband für Strahlenschutz
e.v./GAST, Conference Secretariat Hannover 1996
Dr. G. Heinemann, c/o Kernwerk Stade, Postfach
D-21683 Stade, Alemania

• 1997 INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIATION DOSIMETRY AND SAFETY

Taipei, Taiwan, Marzo 31-Abril 2, 1997
Prof. C.J. Tung, 1997 RDAS,
Dept. Nucl. Science
National Tsing Hua University
Hsinchu, Taiwan 300, REP. OF CHINA.

• INT. CONF. ON HEALTH EFFECTS OF LOW DOSE RADIATION: CHALLENGES FOR THE 21st CENTURY

Stratford-upon-Avon, Gran Bretaña, 11-14 Mayo, 1997.
Mrs. See Frye, Conf. Office,
British Nuclear Energy Society
One Great George Street, London SW1X, 3AA, UK.

CURSOS SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA ORGANIZADOS POR EL CIEMAT

• INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA

Formación en Protección Radiológica
Avda de la Complutense, 22
28040 Madrid
Teléfono: 3466298
Fax: 3466005

CURSOS DEL INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA: PROGRAMACIÓN DEL PRIMER SEMESTRE 1996

13/02-25/06

Gestión de residuos radiactivos.

16/02-01/03

Curso de P.R. para operar Instalaciones de Rayos X con fines diagnósticos.

12/03

Seminario: Post accident dose reconstruction: Optically Stimulated Luminescence Dosimetry. Prof. S.W.S. McKeever.
Oklahoma Univ. Ciemat Edificio 1. 15:30

22/04-26/04

Hematología experimental.

20/05-24/05

Fusión Nuclear por confinamiento magnético.

20/05-07/06

Curso de Adiestramiento para Operadores de Instalaciones Radiactivas.

03/06-07/06

Centrales Nucleares avanzadas

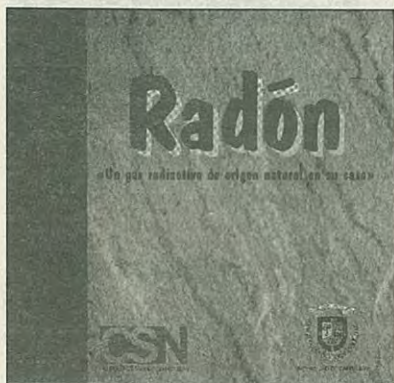
10/06-14/06

Curso: protección radiológica para Operar Instalaciones Rayos X.

RADON "UN GAS RADIATIVO DE ORIGEN NATURAL EN SU CASA"

Luis Santiago Quindós Poncela

Edición: Consejo de Seguridad Nuclear y Servicio de Publicaciones. Universidad de Cantabria



Esta publicación, distribuida gratuitamente por el CSN, viene a llenar un hueco sobre información de tipo general referida al radón.

Como es conocido, el interés despertado por el radón, tanto a nivel científico como para el público, se deriva de su presencia inevitable y su posible acumulación en los interiores de viviendas, lo cual produce una irradiación generalizada en la población. Del orden del 50% de las dosis debidas a la irradiación natural se origina en la inhalación de este gas y sus descendientes.

En esta publicación se pretende llegar al mayor número de personas y el autor ha utilizado una original forma de comunicación. Esta consiste en que las páginas impares tratan de aproximarse al problema en un lenguaje claro y sencillo, mientras que las pares a incluyen una información más detallada. A ello se agrega una profusión de figuras bien

logradas que apoyan las explicaciones del texto.

Las explicaciones incluidas abarcan tanto el fenómeno de la radiactividad, como el origen y distribución del radón, su interés, referencias y conclusiones. Asimismo se incluyen algunos datos nacionales y se listan las instituciones españolas relacionados con los estudios sobre el radón además de un glosario de términos. En resumen, una interesante publicación que tiende un puente importante para la comunicación con un auditorio mucho más amplio que el de los especialistas.

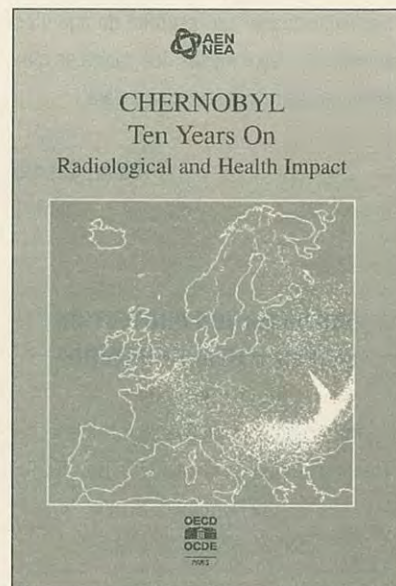
David Cancio
CIEMAT

"CHERNOBYL - TEN YEARS ON: RADIOLOGICAL AND HEALTH IMPACT"

Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE disponible gratuitamente.
Office of Publications NEA/ORCDE,
Le Seine St Germain, 12 Bd des Iles,
92130 Issy-les-Moulinex, France

En el último mes de febrero la Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE ha publicado este documento. En el mismo se presenta una evaluación general sobre el estado actual de la contaminación en los territorios afectados, el impacto sobre la salud y los riesgos que todavía pueden anticiparse sobre la población y el medio ambiente.

El informe es el fruto del trabajo de un pequeño grupo de especialistas y tiene la



intención de llegar a un amplio grupo de lectores. En el documento se incluye información sobre la dispersión de los radionucleidos tanto dentro como fuera de la ex Unión Soviética. Asimismo se ofrecen estimaciones sobre las dosis recibidas por los "liquidadores" y por las poblaciones evacuadas, las que todavía permanecen en zonas contaminadas y las de los países afectados. Se incluye también una evaluación sobre los diversos impactos del accidente y sobre los riesgos asociados al "sarcófago" del reactor accidentado y a otras fuentes de contaminación en el emplazamiento. Finalmente el informe presenta y discute las lecciones aprendidas en lo que concierne a las infraestructuras en protección radiológica y preparación para las emergencias.

Esta publicación ofrece una síntesis objetiva y práctica condensando una cantidad de información procedente de multitud de estudios y publicaciones. Su gran mérito es pre-

cisamente ofrecer un resumen de aquellos aspectos de mayor interés, los cuales se presentan de una manera concisa y clara.

David Cancio
CIEMAT

HAS RADIATION PROTECTION BECOME A HEALTH HAZARD?

Gunnar Walinder

Publicado por: The Swedish Nuclear
Training and Safety Center, P.O. Box 1039,
S-61129 Nyköping, Suecia,
ISBN: 91-630 24 92 (1995).

Con este título tan llamativo y preocupante se presenta un estudio realmente serio en el que se aportan argumentos científicos que permitirían discrepar de las doctrinas oficiales en Protección Radiológica. La conclusión más relevante del trabajo del Prof. Walinder es que no hay base científica que permita suponer una respuesta lineal dosis-efecto para dosis bajas de radiación.

A esta conclusión se llega partiendo de un análisis bastante detallado de aspectos básicos y fundamentales de radiobiología. De hecho, de las 120 páginas del texto, 49 se dedican a la presentación de los efectos biológicos de la radiación y 20 a exponer los fundamentos biológicos de las recomendaciones de la ICRP. Existe además un capítulo dedicado a exponer y criticar a los estudios de tipo epidemiológico y en el último capítulo (15 páginas) se analizan los efectos, a juicio del autor perniciosos, y las consecuencias de las doctrinas oficiales sobre los riesgos de las radiaciones.

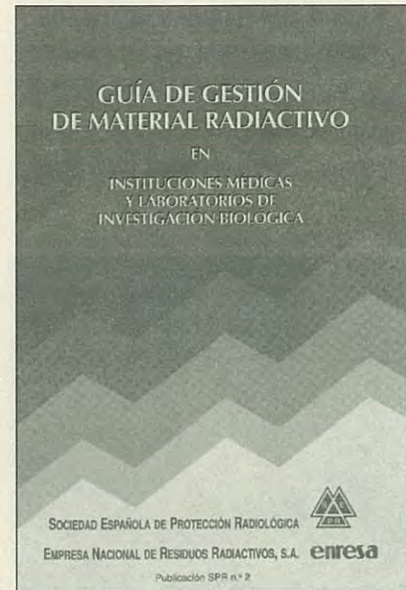
El Prof. Walinder tiene un curriculum realmente impresionante. En sus más de cuarenta años de dedicación profesional a la investigación en protección radiológica ha sido Director de la Unidad de Oncología de la Universidad de Estocolmo y de la de Patología y Análisis de Riesgos de la de Uppsala. Ha sido Presidente de la Sociedad Sueca de Radiobiología, y ha sido también delegado del UNSCEAR. Fue discípulo de Rolf Sievert, con quien trabajó en los años cincuenta. No hay duda de que se trata de un auténtico experto.

El libro transmite una sensación de coherencia con planteamientos ortodoxos pero evidentemente llegando a conclusiones discrepantes y heterodoxas. No es un libro en el que se traten de justificar posiciones tomadas a priori, por el contrario se aplica con rigor el método científico y sin duda los argumentos del Prof. Walinder merecen atención y respeto, aún cuando no se esté plenamente de acuerdo con sus conclusiones.

Este libro es quizás un episodio más, ciertamente de alto nivel, en la controversia sobre un tema sobre el que evidentemente no se ha dicho aún la última palabra: el de los efectos sobre la salud de las dosis bajas de radiación.

GUÍA DE GESTIÓN DE MATERIAL RADIATIVO EN INSTITUCIONES MÉDICAS Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA

Como se ha indicado en la sección de información correspondiente a los



Grupos de Trabajo de la SEPR, el pasado mes de marzo se publicó la Guía de Gestión de Material Radiactivo. La presentación oficial de este documento se ha realizado el pasado día 9 de abril en el CIEMAT y será distribuido a través de la SEPR a todos sus miembros. Aquellas personas interesadas en adquirirlo, que no sean miembros de la SEPR, pueden solicitarlo a la Secretaría Técnica de la Sociedad.

El libro recoge información de base para todas las operaciones implicadas en la utilización de material radiactivo, con objeto de minimizar la producción de material de desecho con contenido radiactivo y optimizar su gestión. Su ámbito de aplicación alcanza todas las instalaciones radiactivas adscritas a centros de uso médico y laboratorios de investigación biológica.

Conviene destacar el planteamiento realizado para la gestión de los residuos, indi-

cándose criterios y mecanismos claros que permitan solicitar al Organismo Regulador la autorización necesaria para evacuar por vía convencional residuos cuyo contenido radiactivo no supere los límites que internacionalmente están en uso.

Este libro será de gran utilidad para aquellas personas que inician su trabajo en el campo de la protección radiológica operacional, siendo útil, también, para todos aquellos con experiencia en la materia, puesto que el documento aporta ideas que completan los conocimientos actuales.

LIBROS APARECIDOS RECIENTEMENTE

-Health Effects of Low-level Radiation.
S. Kondo

Publicado por: Medical Physics Publishing, Madison, WI, USA
ISBN. 0-944843-43-X (USA), 213 pag. (1995).

-Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk (volumen 1 de 3 volúmenes).

Publicado por: IAEA, Division of Publications, Wagramerstrasse 5, P.O. BOX 100, A-1400 Vienna, Austria.
ISBN:92-0-102194-1, 195 pag. (1995).

-Low-Level Environmental Radioactivity. Sources and Evaluation.

Richard Tykua and Josef Sabol.
Publicado por: Technomic Publishing Company, P.O. BOX 3535, 851 New Holland Avenue, Lancaster, PA 17604 - 9961 USA.

ISBN: 1-56676-189-1, 331 pag. (1995).

-Stem cells - Assessment of Radiation Effects by Molecular and Cellular Approaches.
Editores: T.M. Fliedner, E.P. Cronkite y V.P. Bond.

Publicado por: Alpha Med Press, 4100 South Kettering Boul. Dayton Ohio 45439-2092, USA.
ISSN: 1066-5099, 347 pag. (1995).

-Radiation Damage in DNA: Structure/Function relationship at early times.

4th International Workshop (Oregon, USA).

Editado por: A.F. Fuciarelli y J.D. Zimbrick.

Publicado por: Battelle Press, 505 King Avenue, Columbus, Ohio 43201-2693 USA.
ISBN: 0-935470-90-5, 450 pag. (1995).

A partir del próximo número incluiremos en la Revista una sección donde tendrán cabida todas las opiniones bien fundamentadas que nos sean remitidas.

NUEVOS SOCIOS COLABORADORES

Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.

C.N. Almaraz

C.N. Cofrentes

C.N. José Cabrera

C.N. Trillo I

C.N. Vandellós II



La revista RADIOPROTECCION es el órgano de expresión de la SEPR y su publicación será, al menos, semestral.

Los artículos deben tener relación con la protección radiológica y, en general, con todos los temas que puedan ser de interés para los miembros de la SEPR.

Siempre se acusará recibo de los trabajos recibidos, pero ello no compromete a su publicación. No se mantendrá correspondencia sobre los trabajos, ni se devolverá ningún original recibido.

Los manuscritos serán revisados y evaluados por el Comité Científico.

Los Comités de Redacción y Científico se reservan el derecho de introducir modificaciones de estilo así como de acortar el texto que lo precise, comprometiéndose a respetar el contenido del original.

Los trabajos aceptados son propiedad de la Revista y su reproducción, total o parcial, sólo podrá realizarse previa autorización escrita de la editorial de la Revista.

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

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

Todo trabajo o colaboración, se enviará por triplicado, al Comité de Redacción de la Sociedad Española de Protección Radiológica, c/ Apolonio Morales, 27. 28036 MADRID.

1. Originales:

1.1 Los trabajos estarán redactados en español y no pueden tener una extensión mayor de diez (10) folios de 36 líneas cada uno, mecanografiados a doble espacio y numerados correlativamente.

1.2 Los gráficos, dibujos y fotografías o anejos, que acompañan al artículo, no entran en el cómputo de los diez folios.

1.3 Siempre que sea posible se acompañará el texto escrito del correspondiente diskette con la copia en programa de tratamiento de texto en sistema Macintosh. En su defecto, se admite programa "Word Perfect 5.1" o compatible con IBM.

2. Título y Autores:

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

3. Resumen y Abstract en inglés

Tendrán un extensión máxima de 150 palabras y deberán estar redactados de forma que den una idea general del artículo.

4. Texto

Estará dividido en las suficientes partes, y ordenado de tal forma, que facilite su lectura y comprensión, ajustándose en lo posible al siguiente esquema:

Introducción, Desarrollo, Resultados y Conclusiones.

5. Referencia Bibliográfica

Al final de todo artículo podrá indicarse, si es el caso, la bibliografía o trabajos consultados.

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

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

6. Ilustraciones y Tablas

Se utilizarán aquellas que mejor admitan su reproducción.

Las **gráficas** estarán agrupadas al final del texto principal, procurando que la información no se duplique entre sí.

Las **fotografías** se enviarán sobre papel blanco brillante y con un buen contraste. El tamaño serán de 9 x 12 cm.

Los gráficos y las fotografías irán numeradas en números arábigos, de manera correlativa y conjunta, como **figuras**. Se presentarán por separado del texto, dentro de sendos sobres, y los pies de las figuras deben ir mecanografiados en folio aparte.

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



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA
afiliada a la
INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION (I.R.P.A.)

SOLICITUD DE ADMISION

Datos personales:

Apellidos Nombre

Fecha nacimiento Dirección particular

..... Código postal y Población Tfno (.....)

Empresa o Centro de trabajo Cargo

Departamento Dirección

Código Postal y Población Tfno (.....)

Estudios y formación

.....

Experiencia profesional

.....

.....

Publicaciones y trabajos relacionados con protección radiológica

.....

.....

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director de Código entidad

Sucursal Código oficina Dígito de control

C/Pza.

Localidad Código postal

(sigue).....
.....
.....

Enviar correspondencia a :

Dirección particular

Lugar de trabajo

Socios que avalan su candidatura:

D/Dña.....Firma.....

D/Dña.....Firma.....

El abajo firmante solicita su ingreso en la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA comprometiéndose a cumplir sus Estatutos, en calidad de socio

Numerario

Agregado

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

Muy Sr. Mío:

Le ruego que, hasta nueva orden, abonen con cargo a mi cuenta/libreta N° en esa Entidad, los recibos que a mi nombre les presente al cobro la "SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA", c/ Apolonio Morales, 27. 28036 MADRID.

Atentamente

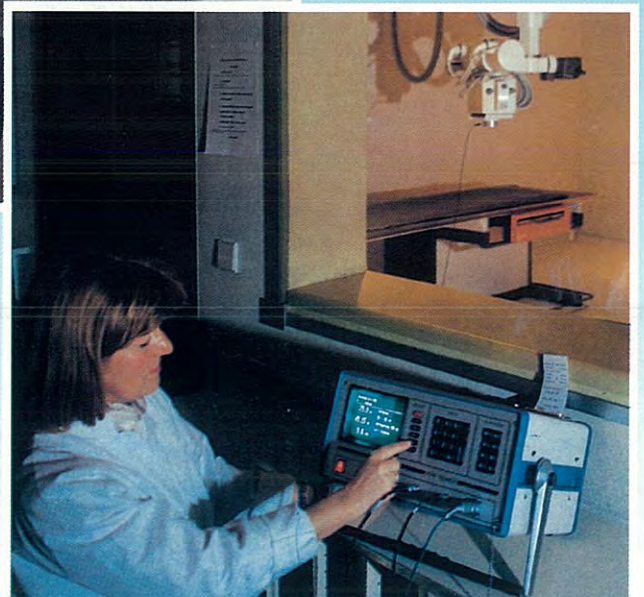
(firmado)

Nombre y Apellidos



PTW-FREIBURG

Control de Calidad en Radiodiagnóstico



**HELGESON
SCIENTIFIC
SERVICES, S.A.**

Avda. Cámara de la Industria, 18. Polígono Industrial N.º 1
28938 MOSTOLES (MADRID) TELF. 646 62 67 - FAX: 647 11 41

ENERGIA SIN FRONTERAS

Experiencia y calidad al servicio de
las centrales nucleares europeas

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



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