

RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA



- ✓ *TÉCNICAS SUSTITUTIVAS*
*al uso de **RADIOISÓTOPOS***
marcadores en investigación
biológica

- ✓ *DOSIS de radiación a*
pacientes en
***RADIODIAGNÓSTICO** en*
*cinco **HOSPITALES***
ESPAÑOLES

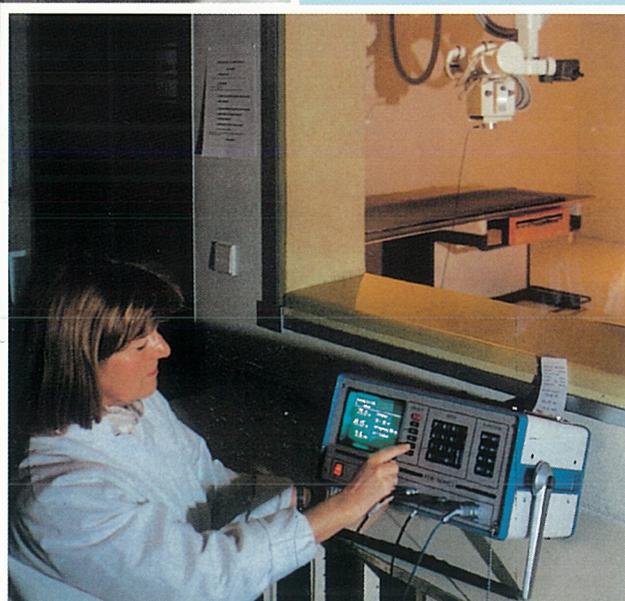
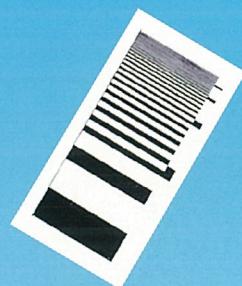
- ✓ *Medidas de*
CONTAMINACIÓN
***INTERNA** y estudio*
dosimétrico en la
POBLACIÓN INFANTIL

- ✓ *Problemática de las*
RADIACIONES NO
IONIZANTES

Nº 9 • Vol. III • 1995

PTW-FREIBURG

Control de Calidad en Radiodiagnóstico



**HELGESON
SCIENTIFIC
SERVICES, S.A.**

C/ San Alfonso, 19 - B.º LA FORTUNA ~ 28917 LEGANES (MADRID)
TELF. 611 72 14 ~ FAX: 611 72 53



RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
Nº9 Vol.III • 1995

Director Emilio Irazzo

Comité de Redacción

Coordinadora: María Teresa Macías

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 Iñiguez, 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 Sáez, Antonio Salvador, M^a Luisa Sánchez-Mayoral, Angeles Sánchez, Carlos Sancho, Matilde Santos, Luis M. Tobajas, Manuel Tormo y Eliseo Vaño.

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 MULTIPRINT IBERICA, S.L.
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)

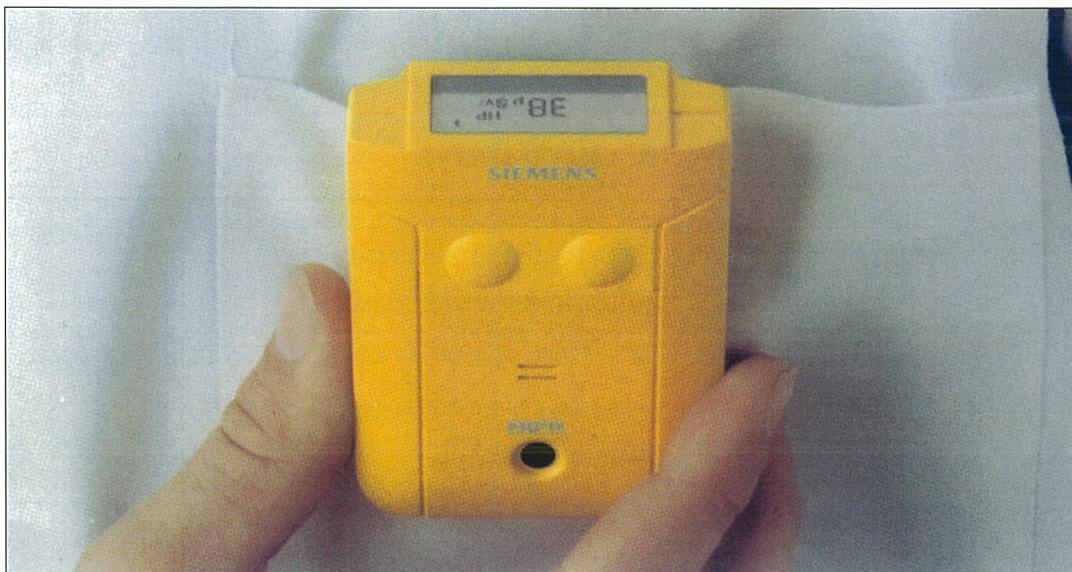
La revista de la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA es una
publicación técnica y plural que puede coincidir
con las opiniones de los que en ella colaboran,
aunque no las compartan necesariamente.

Depósito Legal: 17158
ISSN: 1133-1747

SUMARIO

✓ Editorial	5
✓ Colaboraciones	
• INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA	7
“Técnicas sustitutivas a la utilización de radioisótopos marcadores en investigación biológica” <i>Fernando Usera</i>	
• PROTECCIÓN AL PACIENTE	16
“Dosis de radiación a pacientes en radiodiagnóstico en cinco hospitales españoles” <i>Grupo Aula Salinas</i>	
• DOSIMETRÍA INTERNA	21
“Medidas de contaminación interna y estudio dosimétrico en la población infantil” <i>Teresa Navarro y M.^a Antonia López</i>	
✓ Contribución invitada	
“Problemática de las radiaciones no ionizantes” <i>Jocelyne Leal y Alejandro Ubeda</i>	28
✓ Noticias S.E.P.R.	47
✓ Informaciones de interés	63
✓ Convocatorias	71
✓ Publicaciones	72

SIEMENS



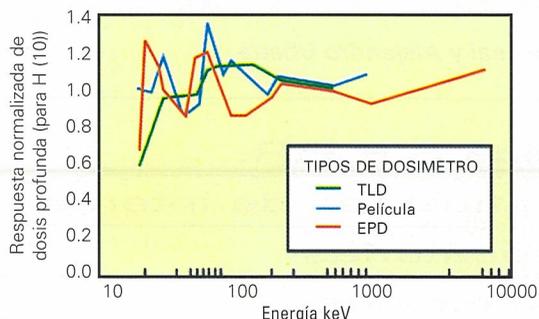
EPD Dosímetro Personal Electrónico

La seguridad nunca ha sido tan sencilla

El nuevo y compacto Dosímetro Personal Electrónico, combina las necesidades de vigilancia con las funciones adicionales de una unidad de alarma.

El desarrollo en colaboración entre Siemens y NRPB, ha dado como resultado el dosímetro EPD, que proporciona información instantánea más precisa y para umbrales más bajos de dosis, que métodos más complejos utilizados hasta ahora.

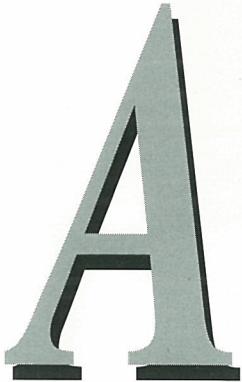
- Mide rayos X y radiaciones beta y gamma.
- De acuerdo a los últimos valores ICRU, $H_p(10)$, $H_s(0,07)$.
- Alarmas programables, respuesta instantánea e indicación de acuerdo con los criterios ALARA.
- Batería con vida media de al menos doce meses.
- Comunicación con sistemas dosimétricos de registro.



Respuesta comparativa de energía

Siemens, S.A.
División KWU
Orense, 2 - 28020 Madrid
Tel.: (91) 555 65 00
Fax: (91) 556 68 40

Objetivo: Organizar el Congreso IRPA



*Al cumplirse el décimo quinto aniversario de la creación de la **Sociedad Española de Protección Radiológica**, pensamos que las ilusiones puestas por su grupo de fundadores se han visto cumplidas con el desarrollo y la consolidación, paso*

a paso, de todos los objetivos previstos, convirtiéndola en la Sociedad que representa, comparte y defiende las inquietudes y los intereses de los profesionales dedicados a conseguir que la utilización, con fines pacíficos, de las radiaciones ionizantes y la energía nuclear se realice sin que se deriven riesgos inaceptables para los individuos y la sociedad.

Durante nuestro periodo de existencia, hemos asistido a evoluciones importantes en los criterios y la filosofía de la Protección Radiológica. Las propias recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica han puesto de manifiesto la existencia de una dinámica que tiene como finalidad la más adecuada y real defensa de los seres humanos contra los efectos biológicos perjudiciales de las radiaciones ionizantes, sin permitir que miedos, por otra parte asumibles, se opongan a la consecución de los superiores beneficios que pueden conseguirse mediante la aplicación racional y adecuada de los medios y procedimientos de seguridad y protección radiológica que se han desarrollado.

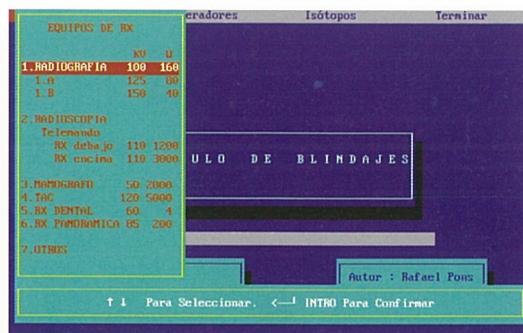
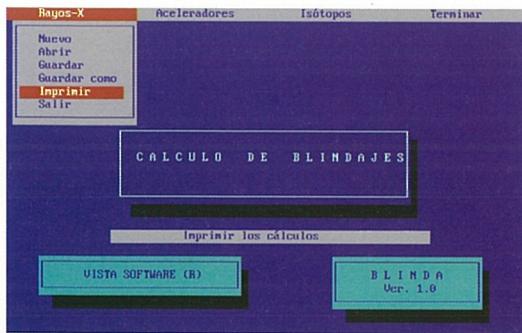
En estos momentos nos encontramos con la aprobación y reciente publicación, por el grupo de Organismos competentes de las Naciones Unidas y la O.C.D.E., de las Normas Básicas de Seguridad y estamos más bien próximos a la aprobación, por el Consejo de la U.E., de la Directiva sobre las Normas Básicas de seguridad relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los peligros que resultan de las radiaciones ionizantes.

Esto significa que, en un próximo futuro, las legislaciones nacionales deben adaptarse a las nuevas normativas y que, en España, nuestras autoridades reguladoras deberán desarrollarlas en forma y medios que las hagan compatibles con la obligación de cumplir la Directiva de la Unión Europea. Estamos seguros de que los técnicos españoles en protección radiológica tienen un conocimiento profundo de todas las implicaciones que supondrá la aplicación de la nueva legislación, ya que desde nuestro primer Congreso Internacional de Salamanca, en 1991, se han venido comentando y discutiendo ampliamente las recomendaciones de la ICRP de 1990. Por tanto es deseable, y desde nuestra Revista estamos dispuestos a contribuir a ello, que se produzca la mentalización necesaria para que se pueda superar cualquier problema por la adaptación de los medios y procedimientos de protección radiológica a esa esperada nueva legislación. En este sentido, decidimos abordar la traducción del ICRP-60, con el apoyo de diversos organismos y asociaciones vinculadas con la

protección radiológica (CSN, CIEMAT, ENRESA, ENUSA y AMYS), ya que consideramos conveniente y necesario contribuir a la difusión pública de la filosofía de la protección radiológica y de sus fundamentos. Ello contribuirá a proporcionar una visión adecuada de los riesgos relacionados con las radiaciones ionizantes y de los medios disponibles para conseguir que éstos no sean inaceptables y la sociedad los pueda poner en perspectiva con los otros muchos riesgos a que está expuesta. Esperamos que este importante documento esté disponible en octubre, y se pueda presentar oficialmente en el III Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear de la IRPA, que se celebrará en Cuzco (Perú) en ese mismo mes. De esta forma, al asegurar su difusión a todos los países de lengua española, servirá para estrechar más los lazos existentes de colaboración científica.

Una muestra de la consolidación de los objetivos previstos por el grupo de fundadores de la SEPR, hace ya una década y media, es la decisión tomada por unanimidad por la Junta Directiva, en su sesión del pasado 18 de mayo, de presentar nuestra candidatura para organizar el IRPA-10 del año 2.000. Se trata de una importante decisión que va a afectar no sólo a todos los socios sino también a todos los organismos y asociaciones vinculadas con la protección radiológica a nivel nacional, puesto que España podrá ser la anfitriona de más de 1.000 especialistas de todos los rincones del mundo y ello conllevará una responsabilidad colectiva que estamos dispuestos a asumir.

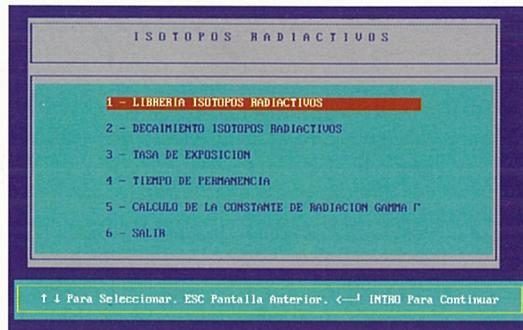




RADIACION DIRECTA

NOMBRE PARED	DISTANCIA metros	PLOMO mas	VIDRIO Pb mas	LADRILLO cms	HORMIGON cms
A	1.10	2.12	5.34	59.5	31.2
B	2.28	0.74	1.86	20.0	10.9
C	2.08	1.50	3.70	42.1	22.1
D	2.38	0.63	1.75	19.5	10.2
Suelo	0.90	2.79	7.04	78.4	41.1
Techo	1.70	2.23	5.61	62.6	32.8

← para continuar



BLINDA

- * **Rayos-X** : Calculo de blindajes para Pb, vidrio plomado, hormigón y ladrillo
- * **Aceleradores** : Calculo de blindajes para hormigón y hormigón baritado.
- * **Isótopos** : Librería de isótopos radiactivos, decaimiento de isótopos (D+ y D-), tasa de exposición y tiempo de permanencia.

•ORIENTADO A

Jefes de Protección Radiológica, Unidades Técnicas de Protección Radiológica y Servicios de Medicina Nuclear.

•CONTEMPLA

las normas ICRP-33, NCRP-49, DIN-6182, BRITISH STANDARD 4094 : Data on Shielding from Ionizing Radiation y el Real Decreto 1891/1991 sobre instalación y utilización de aparatos de Rayos-X con fines de diagnóstico médico.

•GARANTIA

Libre disposición de los programas durante 15 días.

•IDIOMA

- Español
- Inglés

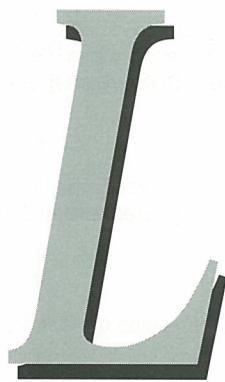
•PRECIO 69.999 Ptas ; 575 USD ; 365 BP ; 810 DM ; 2850 FF ; 680 SFR

- Incluye : Gastos de envío
- No Incluye : IVA o VAT (Value Added Tax)

VISTA SOFTWARE®

Distribuido por **BEEP-MALLORCA**
 Avenida Conde Sallent 29 - bajos.
 07003 Palma de Mallorca (España)
 Tel/Fax (971) 72 62 53

TÉCNICAS SUSTITUTIVAS A LA UTILIZACIÓN DE RADIOISÓTOPOS MARCADORES EN INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA



Las técnicas de marcaje utilizadas en Investigación Biológica han permitido un rápido desarrollo de este campo en pocos años. En el origen de tales técnicas ha sido fundamental la utilización de radioisótopos. Sin embargo, últimamente se está produciendo un fuerte desarrollo de técnicas de marcaje alternativas no radioisotópicas. Dichas técnicas reportan a los investigadores los mismos beneficios en sensibilidad y precisión, permitiendo, por otra parte, evitar los riesgos asociados a la utilización de radiactividad. En este artículo se hace una breve revisión de ambos tipos de técnicas, explicando su fundamento, comparándolas y discutiendo las ventajas e inconvenientes asociados.

The labelling technics have been a big support for the advances reached in Biology Research. The use of radioisotopes has been essential for these technics, but alternative nonradioactive labelling technics have been developed during the last few years. These nonradioactive technics are as sensitive and accurate as the radioactive ones, but without irradiation risk.

This article report presents a short review about both types of technics, explaining their basis, making comparissons between them and discussing about the advantages and disadvantages associated to them.

Fernando Usera Mena
Responsable del Servicio de
Protección Radiológica y
Seguridad Biológica del
Centro Nacional de
Biotecnología (C.S.I.C.)



APLICACIONES DE LAS TÉCNICAS DE MARCAJE EN INVESTIGACION BIOLÓGICA.

En las últimas décadas, se ha producido un gran desarrollo en el campo de la Investigación Biológica. Este progreso se ha debido en gran parte a una revolución en las técnicas analíticas utilizadas. Los nuevos métodos han suministrado a los investigadores posibilidades anteriormente desconocidas para obtener la información oculta en los seres vivos y traducirla en mensajes inteligibles. Gran parte de este desarrollo se ha debido a la aparición de nuevas técnicas de bioafinidad, a la obtención de nuevos métodos de marcaje de sondas biológicas y al desarrollo de técnicas de detección más sensibles y rápidas.

A un nivel molecular, el objetivo de un ensayo biológico puede ser tan sencillo como detectar la existencia de una molécula determinada o su localización dentro de una muestra. En otros casos, se pretenden obtener también datos cuantitativos, como su concentración, o cualitativos, como su papel biológico. A niveles superiores, se pueden estudiar las características funcionales de células aisladas, tejidos, órganos, individuos e incluso poblaciones y ecosistemas completos. Por tanto, los métodos de investigación serán diferentes en función del nivel de organización biológica a estudiar y del tipo de información que se quiere recabar. Igualmente, también se pueden clasificar dichos métodos en función de su agresividad o invasividad sobre la materia viva, así como en función del tipo de molécula a estudiar, factor clave desde el punto de vista práctico y que, en la mayoría de los casos, determina el método a utilizar.

Aunque, como hemos indicado, existe una gran variabilidad en las áreas de estudio y por tanto en los métodos utilizados, el flujo de información siempre se inicia en la molécula o elemento químico

a analizar y finaliza en los datos obtenidos, según se muestra en la fig. 1.

En la tabla I también se muestra una clasificación de las técnicas más comunes, indicándose el tipo de molécula que se quiere analizar, el tipo de análisis y el tipo de molécula que se utiliza como sonda o marcador. Una molécula se utiliza como sonda o marcador cuando presenta una afinidad de unión o una relación bioquímica/metabólica específicas con la molécula a analizar.

La sonda debe encontrarse marcada en la mayoría de los casos, esto nos permite llevar a cabo un seguimiento metabólico de la molécula que queremos analizar, determinar su situación y cuantificarla mediante diferentes técnicas de detección. Dado que las moléculas o elementos químicos en estudio suelen encontrarse en cantidades muy pequeñas dentro de la intrincada y tremendamente complicada trama que forma la materia viva, las tecnologías de marcaje de sondas deben cumplir unos requisitos imprescindibles:

- Las sondas, una vez marcadas, deben mantener una especificidad, afinidad y/o relación metabólica similares con la molécula que queremos analizar.

- Las sondas marcadas deben generar una señal suficientemente potente y prolongada como para que las técnicas de detección existentes en la actualidad nos permitan detectar, bien cantidades traza de la molécula en estudio, o bien pequeños cambios en la materia biológica, debidos a la actividad de dicha molécula.

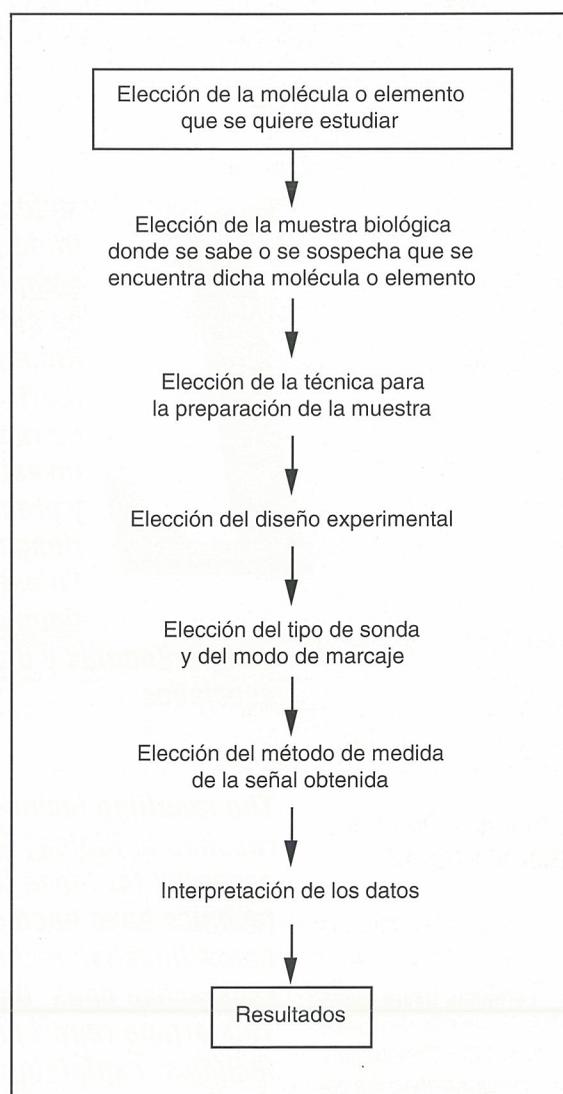


Fig. 1: Desde el analito hasta la información

Tabla I: Clasificación de las principales técnicas analíticas utilizadas en Investigación Biológica según el tipo de sonda o marcador.

Tipo de molécula o estructura a analizar	Tipo de ensayo	Sonda o marcador
Proteínas y péptidos estructurales	estructural	anticuerpos, colorantes
Hormonas	estructural	anticuerpos
	funcional	anticuerpos, células y tejidos con receptores
Receptores	estructural	anticuerpos, ligandos agonistas y antagonistas
	funcional	marcadores de expresión en células, ligandos
Enzimas	estructural	anticuerpos
	funcional	sustratos, inhibidores
Secuencias de DNA	estructural	sondas de ADN, nucleótidos (secuenciación)
	funcional	productos de expresión (ARNm y proteínas)
Virus y bacterias	estructural	anticuerpos, sondas de ADN o ARN, colorantes
	funcional	productos de expresión, efecto en células huésped
Células aisladas	estructural	anticuerpos, otros ligandos, colorantes
	funcional	señales extracelulares, metabolitos
Órganos y sistemas	funcional	metabolitos, agentes marcadores de contraste
Tumores	estructural	anticuerpos, colorantes

TÉCNICAS DE MARCAJE RADIOISOTÓPICO

Antes del advenimiento de las técnicas de marcaje con radioisótopos, la mayoría de las técnicas que se utilizaban en Bioquímica clásica eran colorimétricas. Su fundamento se encontraba en la detección de los cambios de color en el medio producidos, bien por la acción biológica de la molécula en estudio, o bien simple-

mente por su presencia. Por ejemplo: cuantificación del cambio de color en el medio de reacción de un ensayo donde se pretende cuantificar la actividad de un enzima.

Estas antiguas técnicas colorimétricas a menudo tenían varios inconvenientes, entre ellos:

- En muchos casos, el cromóforo no tenía afinidad o relación metabólica específicas o directas con la molé-

cula en estudio. Por lo cual, para determinar la presencia, cuantificar y valorar el efecto de dicha molécula, se necesitaba en el ensayo una reacción bioquímica secundaria acoplada, donde se provocara la oxidación o reducción del cromóforo y, por tanto, el cambio de color. Debido a ello, los datos se obtenían de forma indirecta, dando lugar a un mayor margen de error e incertidumbre en la relación causa-efecto establecida por el investigador.

- Los medios de detección de luz visible (colorímetros clásicos) eran poco sensibles a pequeños cambios en la longitud de onda o en la intensidad de emisión. Por lo que estas técnicas raramente eran capaces de detectar concentraciones menores de 10^{-6} - 10^{-8} moles de la molécula en estudio o de la molécula producto de su actividad.

El desarrollo de las tecnologías de marcaje de moléculas biológicas con radioisótopos se inició en la década de los años 50, siendo uno de los causantes fundamentales del auge que se ha producido en el campo de la Investigación Biológica, al solventar en muchos casos los inconvenientes anteriormente indicados.

El «Principio Radioisotópico», por el cual se utilizan los radioisótopos en Investigación Biológica, se basa en el comportamiento bioquímico generalmente idéntico entre la molécula en estudio y su equivalente marcado, en el cual se han sustituido uno o varios de los átomos estables de la molécula original por sus correspondientes radioisótopos. De esta forma, la molécula marcada es fácilmente detectable por diferentes técnicas (autorradiografía, contaje de centelleo, etc.) en función del campo de radiación que producen el o los radioisótopos que la componen.

La utilización de radioisótopos ha generado las siguientes ventajas:



Tabla II: Técnicas radioisotópicas más comunes en Investigación Biológica			
Tipo de molécula o estructura en estudio	Objetivos	Técnicas más utilizadas	Radioisótopos más utilizados
Ácidos nucleicos	Localización de secuencias de interés mediante hibridación con sondas específicas marcadas	Souther blot Norther blot Dot blot	³² P ³² P ³² P
	Determinación de la secuencia nucleotídica: secuenciación	Método de Sanger Método de Maxam y Gilbert	³⁵ S, ³² P ³² P
	Determinación de los extremos de las secuencias de interés	Mapeo con RNasas	³² P
	Identificación de clones bacterianos positivos	Réplica en placa e hibridación con sondas específicas	³² P
	Estudio de zonas reguladoras: promotores y factores de transcripción	"Footprinting"	³² P
		Retardo en gel Actividad cloranfenicol acetil transferasa	³² P ¹⁴ C
Proteínas	Determinación de su situación y cuantificación mediante hibridación con anticuerpos específicos	Wester blot Radioinmunoanálisis	³² P, ³⁵ S, ¹²⁵ I ¹²⁵ I
	Mecanismos de acción de hormonas peptídicas	Ensayos de unión hormona-receptor	³² P, ³⁵ S, ¹²⁵ I
	Cinética enzimática	Diferentes técnicas específicas (ej: actividades ATPasas, fosfatasas, lipasas)	muy variables (³² P, ³⁵ S, ¹²⁵ I, ³ H, ¹⁴ C, etc).
Hidratos de carbono y lípidos	Mecanismo de acción de hormonas esteroides	Ensayos de unión hormona-receptor	¹⁴ C, ³ H
	Situación y recambio de diferentes tipos de lípidos y de colesterol	Diferentes ensayos metabólicos	¹⁴ C, ³ H
Biología celular	Estudio de la actividad genética celular y síntesis de proteínas	Hibridación <i>in situ</i>	¹²⁵ I, ³⁵ S, ³³ P
	Estudio de la proliferación celular	Cuantificación de DNA con con ³ H-timidina	³ H
	Estudios del metabolismo de proteínas y de proliferación celular	Valoración de la síntesis de proteínas con ³⁵ S-metionina	³⁵ S
	Determinación de la citotoxicidad de linfocitos T y células NK	Ensayos de citotoxicidad y muerte celular	⁵¹ Cr
	Permeabilidad celular y transducción de señales	Técnicas relacionadas con canales iónicos y enzimas de transducción	muy variables (⁴⁵ Ca, ³² P, etc)

- **Mantenimiento de la especificidad y afinidad de la sonda marcada:** Ya que la sonda tras su marcaje suele mantener las características bioquímicas y estructurales

de su equivalente frío, las técnicas de hibridación (detección y cuantificación de la molécula problema) y enzimáticas (valoración de actividad biológica) resultan fiables.

- **Amplio campo de aplicación:** Debido al desarrollo que se ha producido en las técnicas de Radioquímica, en la actualidad se dispone de una amplia variedad de radioisó-

Tabla III: Ventajas e inconvenientes de los emisores β^- más utilizados en Investigación Biológica.

	Ventajas	Inconvenientes
^3H	<ul style="list-style-type: none"> -No existe peligro de irradiación externa -Se pueden obtener moléculas marcadas con una actividad específica alta. -Amplia gama de moléculas orgánicas marcadas en diferentes posiciones -Se puede obtener una resolución excelente en técnicas autorradiográficas 	<ul style="list-style-type: none"> -Baja eficiencia de detección en contaje de centelleo líquido. Muy baja con detectores de ionización -Intercambio isotópico espontáneo entre la muestra y el ambiente circundante -Efecto isotópico: diferencia significativa de peso atómico entre el ^3H y el ^2H (la molécula marcada puede presentar características bioquímicas diferentes)
^{14}C	<ul style="list-style-type: none"> -El peligro de irradiación externa es mínimo -Amplia gama de moléculas orgánicas marcadas en diferentes posiciones. -Se puede obtener una buena resolución en técnicas autorradiográficas 	<ul style="list-style-type: none"> -Baja eficiencia de detección con detectores de ionización. -No se pueden obtener unas actividades específicas altas.
^{35}S	<ul style="list-style-type: none"> -El peligro de irradiación externa es muy bajo. -Se pueden obtener moléculas marcadas con una actividad específica alta. -Se puede obtener una buena resolución en técnicas autorradiográficas 	<ul style="list-style-type: none"> -Baja eficiencia de detección con detectores de ionización. -Vida media corta -Vida media biológica relativamente larga
^{32}P	<ul style="list-style-type: none"> -Alta eficiencia de detección con detectores de ionización gaseosa. -Se pueden obtener moléculas marcadas con una actividad específica alta. -Su corta vida media facilita la gestión de residuos. -Se puede realizar el contaje de las muestras utilizando la radiación de Cerenkov que se produce en las paredes del vial de centelleo. 	<ul style="list-style-type: none"> -El peligro de irradiación externa es elevado. -Su corta vida media afecta a los costes y al diseño y planificación experimentales. -Baja resolución en técnicas autorradiográficas (radiación difusa)

topos y de moléculas marcadas específicamente en diferentes posiciones y con diferentes actividades. Todo ello posibilita el trabajo con cualquier tipo de molécula biológica.

• **Gran sensibilidad y precisión, posibilidad de automatización:**

El desarrollo de las técnicas de centelleo en fase líquida y sólida ha permitido obtener un mayor rendimiento de contaje con radioisótopos de baja energía, la corrección

de errores debidos a quimioluminiscencia y otras interferencias, la automatización en el contaje de muestras y el procesamiento matemático de los datos obtenidos. Igualmente, también se ha producido una evolución de las técnicas de autorradiografía, obteniéndose en la actualidad menores tiempos de exposición, eliminación del fondo y mayor resolución.

Debido a todas estas ventajas, se ha

generalizado la utilización de sondas y marcadores radiactivos en la mayoría de las técnicas de Investigación Biológica. En la Tabla II, se expone un resumen de algunas de las técnicas más utilizadas en Biología Molecular y Celular

Sin embargo, a pesar de las ventajas indicadas, la utilización de radioisótopos presenta sus limitaciones. Así, no todos los radioisótopos presentan la energía, periodo de semidesintegración y peso atómico adecuados para muchas técni-



cas. En la tabla III se hace un resumen de las ventajas e inconvenientes que presentan los radioisótopos β^- más utilizados en Investigación Biológica según R.J. Slater (1).

Como se puede observar en dicha tabla, también se especifican factores a tener en cuenta desde el punto de vista de la Protección Radiológica. No cabe duda de que el principal inconveniente en la utilización de compuestos radiactivos viene dado por el riesgo en la producción de efectos nocivos sobre el investigador, el público en general o el medio ambiente. Por tanto, debido a dicho riesgo potencial, se ha producido un desarrollo paralelo de la Protección Radiológica en el campo de la Investigación Biológica.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha emitido las normas para obtener una efectiva limitación de la dosis absorbida por el personal investigador, indicando los límites de dosis admisibles, cómo se deben realizar las valoraciones de riesgo ante nuevas técnicas radioisotópicas y cómo ha de ser la infraestructura, material de blindaje y contención necesarios (2,3). Igualmente, se han editado guías técnicas que ayudan en dichos aspectos a los Servicios de Protección Radiológica existentes en los Centros de Investigación Biológica (1,4), así como trabajos experimentales en los que se realizan valoraciones sobre los blindajes y medios de contención necesarios en función del radioisótopo, de las actividades utilizadas y del tipo de riesgo asociado a la técnica a realizar (5,6).

Aún en el caso de que se lleve a cabo una excelente radioprotección siguen existiendo dos inconvenientes en la utilización de radiactividad en el área de Investigación Biológica:

- **Incertidumbre en la producción de efectos estocásticos:** El principal riesgo existente en el

trabajo con radiactividad en investigación no es la absorción puntual de grandes dosis por irradiación externa, sino la absorción más o menos continuada de dosis muy bajas por irradiación externa e interna, al utilizarse continuamente fuentes no encapsuladas de baja actividad durante largos periodos de tiempo, que pueden ocupar incluso toda la vida laboral. La detección de dicha absorción se hace muy difícil o prácticamente imposible, ya que, como hemos indicado, se utilizan radioisótopos de baja energía como el ^3H , ^{14}C y ^{35}S , para los que son nada o muy poco eficaces los dosímetros de termoluminiscencia que habitualmente se utilizan. Por otra parte, la combinación de unas dosimetrías de área e interna resultaría eficaz, pero se haría inabordable debido a los costes asociados.

- **Factor económico debido a la existencia de la Radioprotección en sí:** Todos los centros de Investigación necesitan de una Instalación Radiactiva con la infraestructura, medios de manipulación, contención y blindaje necesarios, así como de técnicos cualificados que ejerzan el control de dicha instalación y que asesoren e impartan al personal una formación imprescindible en Protección Radiológica (7).

TECNICAS ALTERNATIVAS NO RADIOISOTÓPICAS

En la última década se ha producido un fuerte desarrollo de técnicas de marcaje no radioisotópico. La mayoría de ellas están basadas en cambios de color (colorimetría) o emisión de luz (quimioluminiscencia), tras reacciones de oxidoreducción; o bien, en la emisión de luz

fluorescente, tras excitación electrónica (fluorometría).

Dicho desarrollo se ha debido a varias razones, algunas de las más importantes son:

- Mayor conocimiento del Sistema Inmune y de las técnicas de producción y comercialización de anticuerpos monoclonales específicos para una gran variedad de biomoléculas.
- Desarrollo de las técnicas de fluorescencia y quimioluminiscencia: síntesis de gran variedad de compuestos fluorescentes y quimioluminiscentes, síntesis de compuestos potenciadores de estas radiaciones, desarrollo de sistemas de detección automática muy sensibles, precisos y rápidos.
- Desarrollo de la tecnología en óptica y en rayos láser.

Debido a todo ello, dichas técnicas están en disposición de sustituir a las radioisotópicas en algunos campos, ya que se eliminan los inconvenientes que conlleva el uso de radioisótopos y por otro lado se pueden alcanzar niveles de sensibilidad y precisión similares, y en algunos casos mayores, que con las técnicas radioisotópicas.

Por otra parte, las técnicas de hibridación no radiactivas tienen la gran ventaja de que las sondas marcadas con biotina, digoxigenina, fluoresceína, diferentes enzimas o lantánidos permanecen estables durante un mínimo de seis meses. Por el contrario, las sondas marcadas con ^{32}P ó ^{125}I , pierden la marca radiactiva en pocos días debido al decaimiento radiactivo, no pudiendo ser reutilizables.

A continuación nos referiremos brevemente a algunos de los métodos de marcaje no radioisotópico más utilizados en la actualidad.

Técnicas de marcaje directo :

Dichos métodos, al igual que los radioisotópicos, presentan la ventaja de

que no necesitan de una reacción de unión o enzimática acoplada a la de hibridación de la sonda para detectar la presencia o los efectos de la molécula en estudio. Esto trae como consecuencia una simplificación del método, menores costes y una mayor rapidez en la obtención de resultados

- Marcaje de sondas de ADN con peroxidasa (8): Las sondas marcadas se pueden utilizar posteriormente para reacciones de hibridación como Southern blot y Dot blot (hibridación ADN-ADN). Dicha técnica de quimioluminiscencia se basa en que la peroxidasa es capaz de oxidar al luminol (utilizado como sustrato) en presencia de peróxido de hidrógeno. Posteriormente el luminol excitado vuelve a su estado fundamental emitiendo luz, que puede ser detectada mediante autoradiografía.
- Marcaje de sondas de ADN con fluoresceína (9): Dichas sondas se pueden utilizar posteriormente para la detección de zonas genómicas específicas en las técnicas de hibridación in situ que se llevan a cabo sobre preparaciones citológicas o cortes histológicos. El proceso de detección se realiza en función de la producción de fluorescencia por parte de la fluoresceína.
- Marcaje de proteínas y ácidos nucleicos con lantánidos (10): Este método es muy versátil y de amplia aplicación ya que gran variedad de biomoléculas como anticuerpos, oligonucleótidos, receptores hormonales, hormonas, etc. pueden ser marcadas con lantánidos como europio, samario o terbio. La técnica se basa en que tras la reacción de hibridación entre la molécula diana y la sonda marcada, se produce la liberación de quelatos fluorescentes. La sensibilidad que se

puede alcanzar es similar a la que se obtiene en marcajes radiactivos y tiene la gran ventaja de que se pueden realizar marcajes dobles o triples.

- Secuenciación automática de ADN (11): Dicho método, al igual que el radiactivo de Sanger, utiliza análogos de desoxirribonucleótidos para la terminación de las reacciones de síntesis de ADN. Sin embargo, en este caso la marca es por fluorescencia en vez de radioisotópica. Debido a su desarrollo y automatización durante los últimos años, en el momento actual es mucho más ventajoso que el radiactivo ya que se ha obtenido mayor sensibilidad, mayor reproducibilidad y mayor rapidez, pudiéndose secuenciar nada menos que 100.000 pares de bases por persona y año, frente a las 20.000 que se pueden secuenciar por el método radiactivo tradicional.
- Citometría de flujo (12): Dicha técnica ha abierto un campo prácticamente inexplorado en Investigación Biológica. Permite determinar y caracterizar subpoblaciones celulares de diferentes sistemas, siendo el más estudiado el Sistema Inmunológico. También se pueden realizar estudios del ciclo de división celular y su utilización ayuda al diagnóstico de tumores en clínica. Para llevar a cabo dicha técnica, las células son marcadas específicamente con anticuerpos unidos a fluoróforos (el sistema admite triples marcajes), posteriormente pasan una a una por succión a través de un fino capilar y son sometidas a un haz de rayos laser. La reflexión y refracción que sufren los rayos al atravesar la célula o reflejarse, así como la fluorescencia que emiten los anticuerpos marcadores

específicos al excitarse, aportan una serie de datos al sistema que, una vez integrados, nos permiten segregar las diferentes subpoblaciones celulares en función de sus características antigénicas de superficie o de su estadio de crecimiento.

Técnicas de marcaje indirecto.

Existen muchos casos donde no podemos marcar a la sonda directamente ya que podría perder sus características bioquímicas. En dichas técnicas, en vez de realizar el marcaje de la sonda previamente a la reacción de hibridación con la molécula diana, se hace a posteriori. En otros casos (estudio de la actividad de determinadas enzimas, síntesis de ADN, muerte celular, etc.), la detección se realiza utilizando sustratos fluorescentes o quimioluminiscentes en reacciones acopladas a la reacción o mecanismo que queremos estudiar. Como hemos indicado anteriormente, la obtención de resultados de forma indirecta puede traer como resultado el aumento de variables en el ensayo, mayores costes y mayor tiempo en su realización. Sin embargo, en los últimos años el desarrollo de dichas técnicas ha paliado en muchos casos estos inconvenientes. Incluso en determinadas circunstancias, se puede obtener mayor sensibilidad que realizando marcajes directos.

- Marcaje de sondas de ácidos nucleicos o proteínas (13,14): En dichas técnicas las sondas unidas a biotina, digoxigeína o fluoresceína se pueden utilizar para Northern blot (hibridación ADN-ARN), Southern blot y Dot blot (hibridación ADN-ADN), retardo en gel (proteína/ADN-ADN), Western blot y ELISA (hibridación antígeno-anticuerpo), etc. Tras la hibridación se debe realizar una segunda hibridación del complejo diana-sonda con



el complejo anticuerpo o molécula afin-enzima reportadora. Posteriormente, se añade un sustrato específico de dicha enzima que cambia de color o emite luz tras ser catalizado.

En la figura 2 se muestra un esquema del sistema de marcaje biotina-estreptavidina-fosfatasa alcalina biotilada, este es un ejemplo representativo de este tipo de técnicas. Sin embargo, se pueden encontrar múltiples combinaciones (ver esquema A).

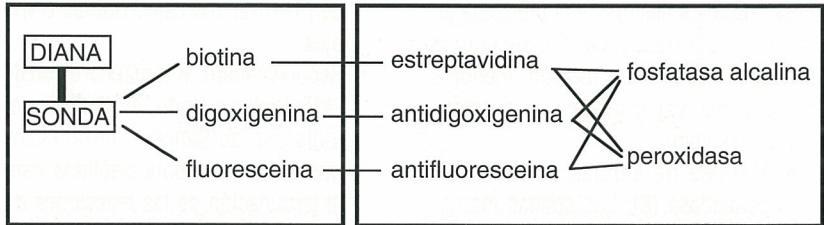
Esta versatilidad hace que dichas técnicas se puedan utilizar en multitud de situaciones experimentales.

En otros casos el sistema se puede complicar aparentemente aún más (fig. 3). En la actualidad, las casas suministradoras ofrecen placas multipocillo recubiertas de estreptavidina, lo cual facilita la inmovilización específica a sustrato de la sonda biotilada para su posterior unión con la molécula problema. En dicha técnica se reduce el fondo inespecífico del ensayo y se aumenta la sensibilidad ya que se eliminan posibles contaminantes que estuvieran acompañando a la sonda biotilada.

- Métodos indirectos enzimáticos: Dichas técnicas colorimétricas se

se produce cuando por acción de dicha enzima las sales de tetrazolio

Esquema A



basan en la medida de la actividad de determinadas enzimas existentes en las células en estudio. Los objetivos son determinar cambios en proliferación celular, viabilidad y citotoxicidad. Como requisito fundamental, las enzimas marcadoras deben ser estables metabólica y químicamente. Aunque tales técnicas son muy sencillas y rápidas, sus resultados son variables en función del tipo celular en estudio y del mecanismo a detectar.

- Métodos basados en la actividad deshidrogenasa mitocondrial (15): Se basa en el cambio de color que

(sustrato) incorporadas por las células en estudio se transforman en formazán. Por tanto el cambio de color será directamente proporcional a la cantidad de células funcionales en la muestra.

- Métodos basados en la actividad lactodeshidrogenasa (16): El método es similar al anterior, pero en este caso el enzima debe salir al espacio extracelular para ejercer su acción. Por tanto se ha debido producir lisis celular previa. En esta técnica se ha de añadir una solución de tinción con diaforasa, ya que la lactodeshidrogenasa no puede catalizar las sales de tetrazolio. El esquema sería el siguiente (ver esquema B).

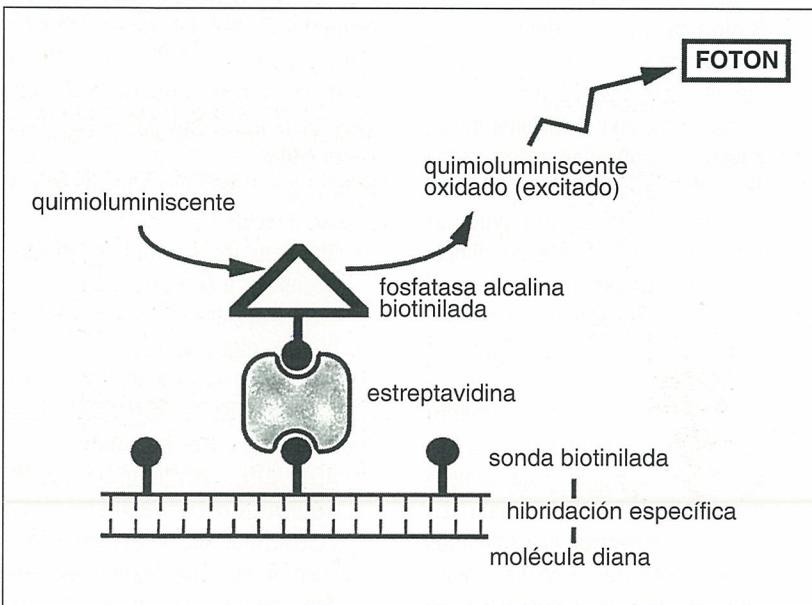


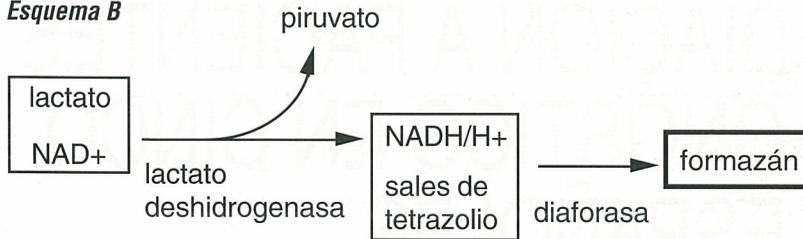
Fig. 2: Sistema de marcaje biotina-estreptavidina-fosfatasa alcalina

PERSPECTIVAS

Como hemos indicado en esta revisión, existen técnicas de marcaje no radioisotópico, como la citometría de flujo y la secuenciación automática de ADN por fluorescencia, que han desplazado en gran parte a las radioisotópicas, volviéndose insustituibles al abrir nuevos campos a la investigación o por ser claramente más ventajosas.

Sin embargo, aún en la actualidad se siguen utilizando técnicas de marcaje radioisotópico en la mayoría de los métodos de detección llevados a cabo en Investigación Biológica. Dicha práctica se realiza incluso cuando existe una técnica de marcaje alternativa no radiactiva

Esquema B



que puede reportar al investigador beneficios similares en su trabajo y que, por otro lado, reduce costes en infraestructura de radioprotección y elimina riesgos de irradiación y contaminación innecesarios. Esto es debido a diferentes razones:

- En muchos casos el investigador presupone que son más fiables los métodos clásicos recogidos en la bibliografía, sin tomar en cuenta técnicas alternativas de reciente adquisición al no haber sido suficientemente probadas.
- La Investigación Biológica es un campo cada vez más competitivo, donde el tiempo en la consecución del objetivo es fundamental. Muchos investigadores no se deci-

den a poner a punto técnicas sustitutivas no radiactivas, ya que dicha decisión supone en la mayoría de los casos una pausa más o menos larga en la obtención de resultados.

- La utilización de nuevas técnicas puede suponer para un laboratorio un desembolso monetario más o menos costoso debido a que normalmente se debe adquirir nueva infraestructura asociada.
- Todavía existen determinados tipos de técnicas radioisotópicas que ofrecen mayor sensibilidad y reproducibilidad que las técnicas basadas en quimioluminiscencia o fluorimetría.

Debido a todo ello, la utilización de técnicas no radioisotópicas sustitutivas

aún no se ha generalizado y el cambio se está realizando muy lentamente. Sin embargo, su desarrollo es cada vez más patente, lo que permite augurar que dicho cambio se producirá de forma más rápida en los próximos años al obtenerse nuevos conocimientos sobre procedimientos físicos de detección sustitutivos y sobre las características de nuevos marcadores no radiactivos. Todo ello potenciado por la toma de conciencia que se está realizando en los últimos años respecto a los riesgos derivados de la utilización de radioisótopos.

BIBLIOGRAFIA

- 1-«Radioisotopes in Biology. A practical Approach». Ed: Slater R.J. IRL Press. Oxford. (1990).
- 2-«Protection against Ionizing Radiation in the teaching of Science». Annals of the ICRP. ICRP publication 36. Pergamon Press. Oxford. (1983).
- 3-«Radiological Protection in Biomedical Research». Annals of the ICRP. ICRP publication 62. Pergamon Press. Oxford. (1993).
- 4-«Radiation Protection. A guide for Scientists and Physicians». Ed: Shapiro, J. Harvard University Press. (1990).
- 5-Josefsen, K., Wollike, M. y Buschard, K. Nucleic Acids Research. 21 (3), 485-487. (1993).
- 6-Sánchez, A., Carnero, A., Cebrian, M., Usera, F. y Macías, M.T. International Conference about Armonization in Protection against Radiations: From Theory to Practical Applications. Taormina. Italia. (1993).
- 7-Macías, M.T., Usera, F., Carnero, A., Cebrián, M. y Sánchez, A.. Conférence Internationale «Radioprotection et Médecine». Montpellier. France. (1995).
- 8-Gyllensten, U. y Allen, M. PCR Meth. Appl. 1, 91-95 (1991).
- 9-Leist, M. Biochemica. 3. 6. (1994).
- 10-«Bioanalytical Applications of Labelling Technologies». Ed: Hemmilä, I., Stahlberg, T. y Mottram, P. Wallac Oy. Turku. (1994).
- 11-«Automated DNA Sequencing and Analysis». Ed: Adams, M.D., Fields, C. y Venter, J.C. Academic Press. London. (1994).
- 12-Loken, M.R., Brosnan, J.M., Bach, B.A. y Ault, K.A. Cytometry. 11, 453-459. (1990).
- 13-Dubitsky, A., Brown, J. y Brandwein, H. Biotechniques. 13 (3), 392-400. (1992).
- 14-Meier, T., Arni, S., Mararkannan, S., Poincellet, M. y Hoessli, D. Anal. Biochem. 204 (1), 220-226. (1992).
- 15-Riss, T.L. y Moravec, R.A. Mol. Biol. Cell. 3, 184a. (1992).
- 16-Nachlas, M.M. Anal. Biochem. 1, 317-325. (1960).

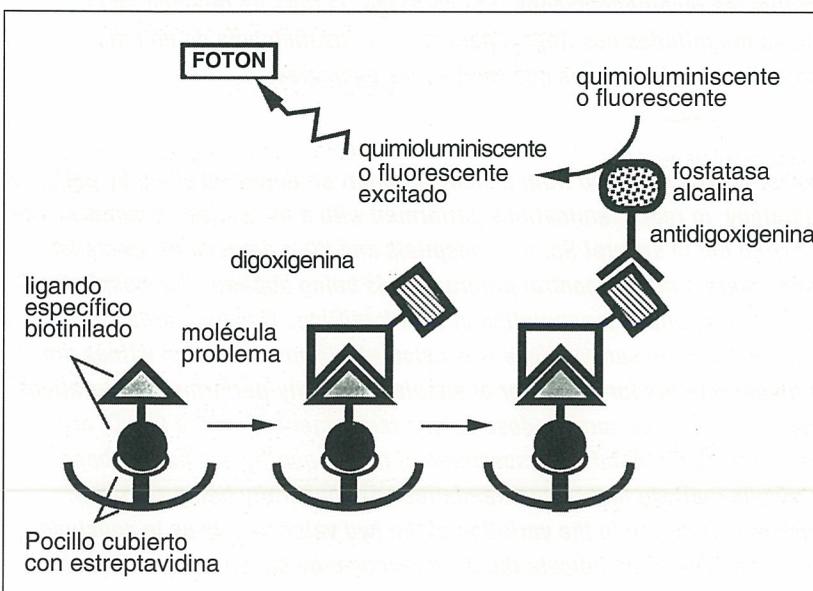


Fig. 3: ELISA utilizando placas multipocillo cubiertas de estreptavidina



DOSIS DE RADIACIÓN A PACIENTES EN RADIODIAGNÓSTICO EN CINCO HOSPITALES ESPAÑOLES. PRIMEROS RESULTADOS

S

Se presentan los primeros resultados de los niveles de dosis medidos a pacientes en Radiodiagnóstico en exploraciones reales utilizando una cámara de transmisión. El estudio se está realizando en varios hospitales españoles y en los centros de especialidades dependientes de ellos, en los que ya se están aplicando programas de control de calidad. Estos hospitales, que disponen en total de más de 4600 camas, atienden a una población superior a los 2 millones de habitantes. Se ha medido la dosis x área calculándose, a partir de ella, la dosis superficial, presentándose las medianas de ambas magnitudes para algunas exploraciones simples de realización habitual, la mayoría de las cuales dispone de un valor de referencia para la dosis superficial recomendado por la Unión Europea. Aunque no se ha realizado la correspondiente valoración de la calidad de la imagen, los resultados indican que, en general, se cumplen las recomendaciones. Sin embargo, la falta de relación en la variación de ambas magnitudes nos lleva a pensar en la insuficiencia de un único parámetro como indicativo de la dosis que reciben los pacientes.

Grupo Aula Salinas

N. Díaz-Caneja¹, P. Gómez²,
J.M. Sastre³, R. Torres⁴, M.
Alonso⁵, L. Arranz³, R.
Baquero⁴, M.J. Castañeda⁵,
M. Fernández², N. Ferrer³, A.
García-Miguel², I. Gutiérrez¹,
I. Hernando⁴, J. Martín², E.
de Sena².

¹Facultad de Medicina.
Universidad de Cantabria.

²Hospital Universitario de
Salamanca.

³Hospital "Ramón y Cajal"
de Madrid.

⁴Hospital "Del Río Hortega"
de Valladolid.

⁵Hospital Universitario
"Marqués de Valdecilla" de
Santander.

We present the first results obtained from a study of radiation doses received by patients in diagnostic radiology in real examinations performed with a transmission camera. The study is being carried out in several Spanish hospitals and their dependent specialist outpatient centres where a quality control programme is being applied. The hospitals have over 4,600 beds and attend a population of over 2 million. The dose-area product was measured and the patient surface dose was calculated from it. Median values are presented for both parameters for a number of simple frequently-performed explorations. For most of these, the reference surface-dose values recommended by the C.E.C. are available. Although the corresponding assessment of image quality has not yet been performed, the results indicate that recommendations are generally being satisfied. However, the lack of correlation in the variation of the two values leads us to conclude that use of a single parameter to indicate the dose received by patients is inadequate.

Palabras clave: Dosis de radiación a pacientes, radiodiagnóstico

INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos importantes del proceso de obtención de imágenes en radiodiagnóstico, necesario para optimizar el uso de las radiaciones ionizantes, es el de la dosis de radiación recibida por el paciente.

La Unión Europea (U.E.) en su documento de trabajo de 1990 «Criterios de Calidad de las Imágenes en Radiodiagnóstico» (1) da unos valores de referencia de la dosis de radiación al paciente, representativos de la dosis superficial para pacientes de tamaño medio. Dichos valores fueron obtenidos a partir de un trabajo realizado en Gran Bretaña (2, 3) en 20 Hospitales elegidos al azar, entre 1983 y 1984, correspondiéndose con niveles de dosis que no se superaron en el 75% de los exámenes estudiados y se comprobaron en otro estudio realizado en 1988 en 20 hospitales europeos.

En España los primeros estudios sobre dosis al paciente se iniciaron en 1986 en el área de Madrid como parte de un programa realizado con el apoyo y coordinación de la U.E. (4). Se realizaron en cuatro grandes hospitales y algunos ambulatorios, con un número de camas próximo a las 5000 y atendiendo a una población superior a los 5 millones de habitantes. En dichos estudios los valores de dosis superficial obtenidos superaron ampliamente los valores recomendados. En estos hospitales se tomaron inicialmente los valores de dosis para posteriormente comenzar a aplicar un programa de garantía de calidad.

Nuestro objetivo es determinar los niveles de dosis impartidos a los pacien-

tes en diversos hospitales y centros de especialidades pertenecientes al INSA-LUD de 4 provincias españolas, en los que se viene aplicando con regularidad un programa de control de calidad en radiodiagnóstico. Asimismo, pretendemos determinar si los valores de las recomendaciones europeas se cumplen en España (dada la representatividad de los hospitales participantes) y si son apropiados para el tipo de equipos y su estado de conservación.

El estudio se ha realizado con datos obtenidos en exploraciones reales con el fin de tener en cuenta no sólo el estado del equipamiento sino también su utilización, a diferencia de otros estudios que utilizan pacientes estándar o maniqués.

MATERIAL Y MÉTODO

Este estudio se está llevando a cabo por los Servicios responsables de la Protección Radiológica de los hospitales cuyas características aparecen reflejadas en la Tabla I. Se presentan los resultados de una primera fase de este estudio que se ha realizado durante los años 1993 y

1994 sobre el número de exploraciones indicado en la Tabla II.

Las exploraciones radiológicas que se están estudiando son las exploraciones simples para las que existen valores de referencia propuestos por la U.E. en el documento ya citado (1), junto con otras que se realizan frecuentemente. En esta primera fase no se han analizado exploraciones complejas.

En este trabajo solo se presentan los valores de la dosis x área y de la dosis en la superficie de entrada del paciente (dosis superficial) de algunas de las exploraciones más habituales: abdomen antero-posterior (AP), columna lumbar AP, columna lumbar lateral (LAT), tórax LAT y tórax postero-anterior (PA). Se ha registrado una serie de parámetros (distancia foco-película, campo de radiación, tensión, tiempo de exposición, etc.) que permitan una valoración más amplia de los resultados.

La dosis x área se mide con una cámara de transmisión colocada en la ventana del colimador del equipo de rayos X y la dosis superficial se calcula a partir de aquella con la siguiente expresión:

Tabla I. Características de los hospitales participantes				
Hospital	Localidad	Población atendida	N.º de camas	N.º de equipos
“Ramón y Cajal”	Madrid	763693	1145	87
Universitario	Salamanca	358373	1093	41
“Marqués de Valdecilla”	Santander	534740	1200	57
Universitario	Valladolid	286817	887	40
“Del Río Hortega”	Valladolid	217214	589	27



Tabla II. Número de exploraciones estudiadas en los distintos hospitales

A	B	C	D	E	TOTAL
597	289	284	158	187	1515

mo de 10 pacientes por exploración y sala. No obstante, para ofrecer una imagen resumida de la situación, se presentan los resultados agrupados por hospitales.

$$D_p = 0,1 F_{rd} F_{P,T} \left(\frac{L}{A_p} \right)$$

donde:

D_p dosis superficial (mGy)

L lectura corregida de la cámara de transmisión (cGy x cm²)

A_p área del haz de radiación (cm²) en la superficie de entrada del paciente obtenida a partir de la medida del campo luminoso.

F_{rd} factor medio de retrodispersión (1,35 para las energías del rango diagnóstico convencional (1))

$F_{P,T}$ factor de corrección por presión y temperatura

Con el fin de garantizar que las medidas se efectúen en las mismas condiciones, se ha realizado una intercomparación de las cámaras de transmisión y de los electrómetros utilizados en cada hospital y se han contrastado con una cámara calibrada. El resultado obtenido indica que las medidas son coherentes con un coeficiente de variación de 2,8 %.

Los datos utilizados proceden de exploraciones reales a pacientes con el único criterio de exclusión de la edad, no considerando a los menores de 14 años. De todas las medidas realizadas en este estudio se han utilizado solamente aquellas en que se disponía de un míni-

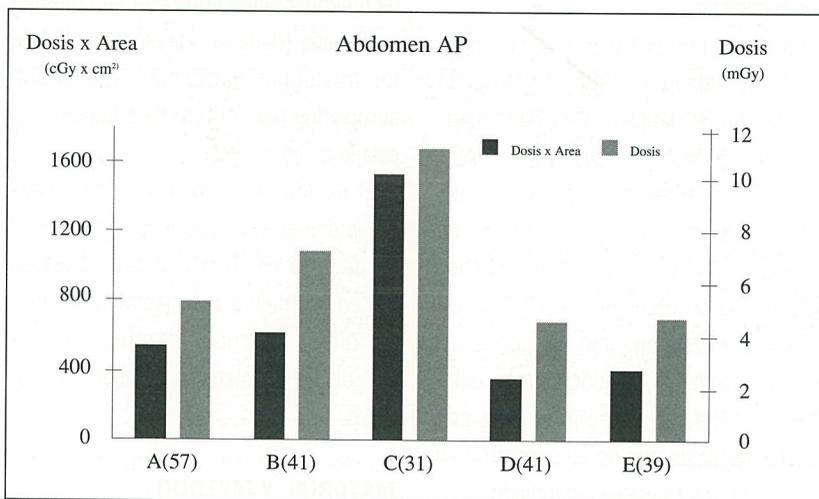


Figura 1. Valores de las medianas de la dosis x área y la dosis superficial en cada uno de los cinco hospitales, para la exploración de abdomen AP. (Entre paréntesis el número de pacientes estudiados).

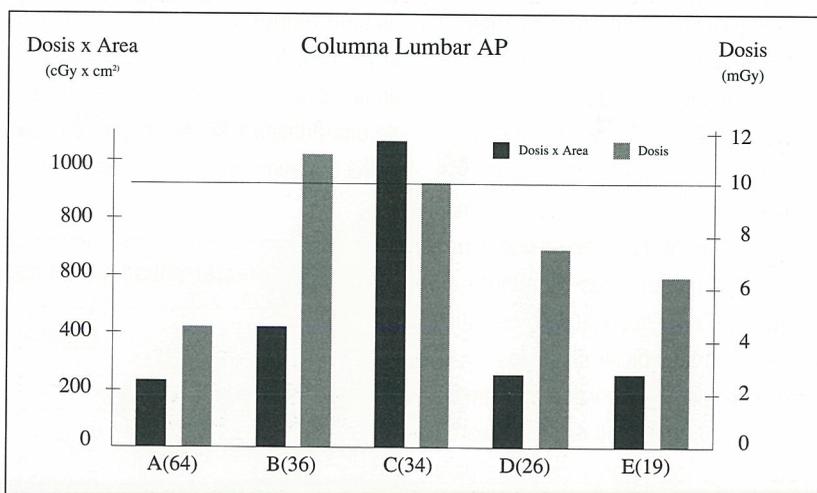


Figura 2. Valores de las medianas de la dosis x área y de la dosis superficial en cada uno de los cinco hospitales, para la exploración de columna lumbar AP. La línea horizontal indica el valor de referencia recomendado por la U.E. para la dosis superficial. (Entre paréntesis el número de pacientes estudiado).

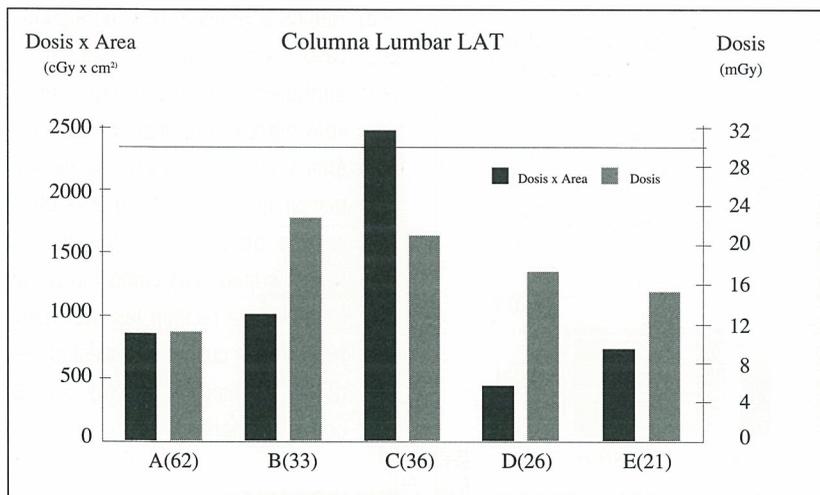


Figura 3. Valores de las medianas de la dosis x área y de la dosis superficial en cada uno de los cinco hospitales, para la exploración de columna lumbar LAT. La línea horizontal indica el valor de referencia recomendado por la U.E. para la dosis superficial. (Entre paréntesis el número de pacientes estudiado).

RESULTADOS

Se presentan las medianas de la dosis superficial y de la dosis x área para cada

hospital y para las exploraciones simples antes citadas (Figuras 1-5). En las figuras se indica igualmente el valor de referencia de la U.E. para la dosis super-

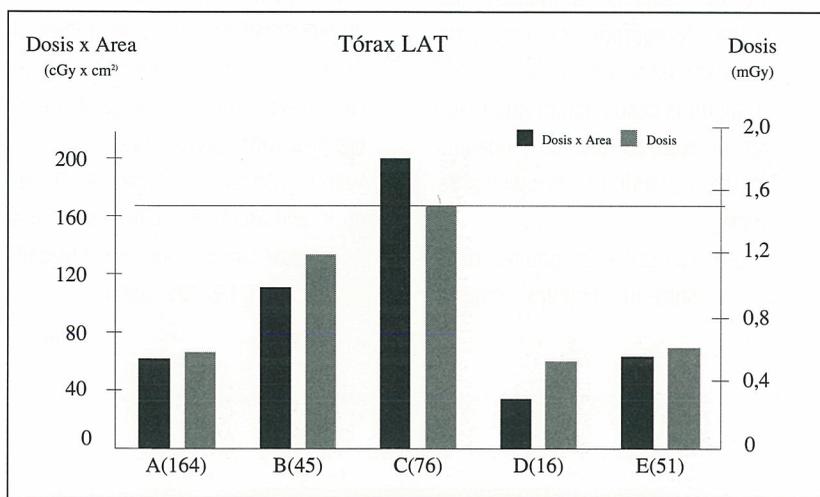


Figura 4. Valores de las medianas de la dosis x área y de la dosis superficial en cada uno de los cinco hospitales, para la exploración de tórax LAT. La línea horizontal indica el valor de referencia recomendado por la U.E. para la dosis superficial. (Entre paréntesis el número de pacientes estudiado).

ficial, excepto en abdomen en que no está propuesto, aunque existe una referencia (10 mGy) de la NRPB (3).

- a) En la exploración abdomen AP, aunque no existe ninguna referencia de la U.E., cabe destacar que el hospital C presenta valores de dosis superficial y de dosis x área superiores al resto, siendo los menores los de los hospitales D y E.
- b) En la columna lumbar AP los hospitales B y C superan la referencia de la U.E. para la dosis superficial mientras que el hospital A tiene un valor inferior a la mitad de la referencia. En cuanto a la dosis x área el hospital C presenta valores muy superiores al resto (por encima del 100% del inmediato siguiente).
- c) En la columna lumbar LAT los valores de dosis superficial de todos los hospitales son inferiores al recomendado por la U.E., señalando que el hospital A tiene un valor inferior al 50 % de la referencia. Sin embargo el valor de la dosis x área del hospital C es muy superior al resto (por encima del 100% del inmediato siguiente).
- d) Para la exploración tórax LAT el valor de los dosis superficial del hospital C alcanza el valor de referencia de la U.E. mientras que los hospitales A, D y E tienen valores semejantes e inferiores al 50 % de dicha la referencia. Los valores del producto dosis x área del hospital C son alrededor del 100% más elevados que los del inmediato siguiente.
- e) En el tórax PA los hospitales B y C

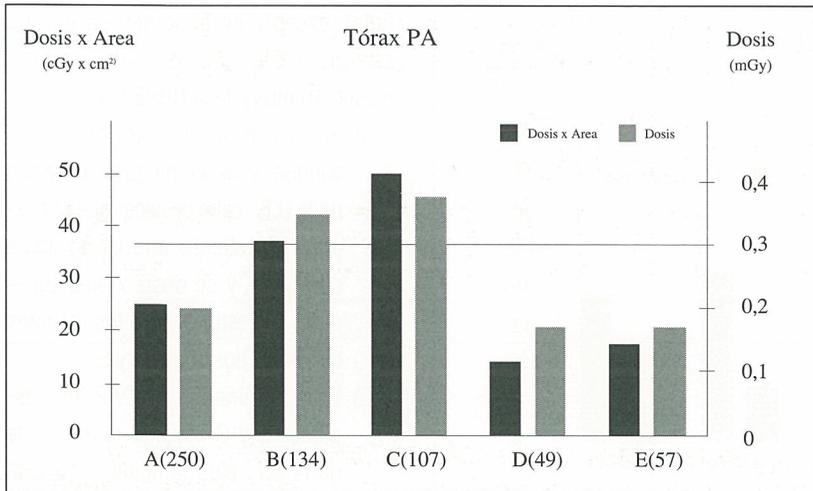


Figura 5. Valores de las medianas de la dosis x área y de la dosis superficial en cada uno de los cinco hospitales, para la exploración de tórax PA. La línea horizontal indica el valor de referencia recomendado por la U.E. para la dosis superficial. (Entre paréntesis el número de pacientes estudiado).

superan la referencia de la U.E. para la dosis superficial mientras que los hospitales A, D y E tienen valores semejantes. En cuanto a la dosis x área el hospital C presenta valores superiores al resto.

CONCLUSIONES

a) En líneas generales, los resultados indican que las dosis superficiales son inferiores a los valores recomendados por la U.E., si bien en este estudio no se ha evaluado la

calidad de las imágenes obtenidas.

- b) Dado el grado de cumplimiento de las recomendaciones, consideramos que estas son apropiadas para el tipo de equipos así como para su estado de conservación, si bien, en algunos casos, habrá que realizar un esfuerzo (técnico y operativo) para disminuir los niveles de dosis.
- c) Es preciso resaltar las grandes diferencias entre los distintos hospitales.

d) Hemos observado que, en algunos casos, valores de dosis superficial similares pueden corresponder a valores muy distintos de dosis x área y viceversa. Esto nos lleva a pensar que es insuficiente la utilización de un único parámetro (dosis superficial) como índice de la dosis que reciben los pacientes; razón por la cual estamos estudiando la introducción de otros índices complementarios.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CEC. Criterios de Calidad de las Imágenes en Radiodiagnóstico. Comisión de las Comunidades Europeas. Documento de trabajo XII-173-90, 2ª ed. Bruselas. 1990
- (2) NRPB. Patient dose reduction in diagnostic radiology. Doc. NRPB Vol. 1, No. 3. 1990
- (3) Dosimetry Working Party. National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology. Institute of Physical Sciences in Medicine, National Radiological Protection Board, College of Radiographers. NRPB Chilton. 1992
- (4) Vañó E., González, L., Calzado A., Delgado V. and Morán P. Some results of a patient dose survey in the area of Madrid. BIR Report 20, 180-185. 1989



MEDIDAS DE CONTAMINACIÓN INTERNA Y ESTUDIO DOSIMÉTRICO EN LA POBLACIÓN INFANTIL

Como consecuencia del accidente de Chernobyl se produjo la emisión de sustancias radiactivas al medio ambiente. Esta emisión provocó la incorporación de contaminantes radiactivos al organismo tanto de adultos como de niños. De la evaluación de sus resultados surgieron líneas de investigación que han puesto en evidencia la influencia de la edad en las evaluaciones dosimétricas debidas a contaminación interna. En este trabajo se pone de relieve la importancia que un Servicio de Dosimetría Interna puede tener en cualquier tipo de emergencia, dadas las diferencias encontradas (tal y como los resultados experimentales demuestran) entre adultos y niños, no sólo en lo que se refiere a las medidas de contaminación interna, sino también al diferente comportamiento metabólico de los contaminantes.

As a consequence of the emission of radioactive substances into the environment after the Chernobyl nuclear accident, radioactive isotopes were incorporated in the human body mainly through inhalation and ingestion, affecting adult and child population. As a result of the evaluation of such events, several International Scientific projects were carried out, showing the influence of age in Dose assessments after Internal Contamination. The purpose of this study is to point out the importance that an Internal Dosimetry Service has in emergency situations, taking into account the differences found (as experimental results show) between adults and children not only in Internal Contamination Measurements, but also in the metabolic behavior of contaminants.

Teresa Navarro,
M.^ª Antonia López
CIEMAT - IMA
Avda. Complutense, 22.
28040 Madrid



I.- INTRODUCCIÓN

Tras la emisión de sustancias radiactivas al medio ambiente, como ocurrió en el accidente de Chernobyl, el organismo humano incorpora isótopos radiactivos principalmente por inhalación e ingestión. En el caso de inhalación, el conocimiento de la concentración de actividad en aire puede proporcionar una estimación de la actividad inhalada. En lo que respecta a ingestión se requiere el conocimiento no sólo de la actividad de los componentes ambientales (aire, agua, alimentos), sino también de las características y prácticas alimentarias. Estos dos últimos parámetros, varían bastante dependiendo de la estación del año y de la región que se vea afectada. Diferencias sustanciales pueden incluso ser observadas dentro de un mismo grupo de población.

Una de las conclusiones de este accidente, además de identificar a la ingesta de alimentos como la vía principal de incorporación, fue demostrar que las estimaciones de actividad incorporada obtenidas a partir de la información de la cadena alimentaria, habían sido sobreestimadas. La actividad incorporada real obtenida a través de datos de actividad retenida en la población afectada, era sensiblemente inferior hasta un factor 6. En todas las estimaciones se tuvieron en cuenta la información existente sobre la transferencia de radionucleidos en el medio ambiente, los hábitos de dieta y las formas de cocinado de los alimentos.

Es evidente entonces, que para realizar una correcta evaluación de dosis interna, son necesarias dos cosas: realizar medidas «in-vivo», con el objetivo principal de conocer la actividad retenida en el organismo, sobre todo en casos de accidentes de este tipo, donde la mayoría de los radionucleidos encontrados son productos de fisión y por lo tanto detecta-

bles en Contadores de Radiactividad Corporal (CRCs). En segundo lugar conocer la distribución de los radionucleidos en los distintos órganos y tejidos, así como las funciones de retención y eliminación asociadas.

Al evaluar las consecuencias de este accidente, surge el primer problema al comparar los resultados de las medidas realizadas en los (CRCs) de los diferentes países involucrados. Por una parte, estos laboratorios se encontraban preparados para medidas de personas adultas (Trabajadores Profesionalmente Expuestos), pero en este caso nos encontrábamos ante una importante población infantil que había que controlar, no disponiendo en aquel momento de procedimientos estandarizados de medida que tuvieran en cuenta la diferencia de constituciones físicas entre adultos y niños. Como consecuencia de esto, la comunidad internacional sugiere la necesidad de que todos los Laboratorios(CRC) dispongan de un amplio rango de calibraciones aplicables a distintas constituciones físicas, de forma que cada CRC sea efectivo y pueda responder en caso de emergencia.

Por otra parte, los Servicios de Dosimetría Interna al realizar sus evaluaciones dosimétricas, también pusieron de manifiesto la inexistencia de parámetros internacionalmente recomendados de factores de dosis por unidad de incorporación (inhalación e ingestión), **en función de la edad del individuo** y en función de la forma físico-química de los radionucleidos presentes en el medio ambiente.

II.- DESARROLLO

1.- DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE CONTAMINACIÓN INTERNA

La contribución del C.R.C. del CIEMAT al problema planteado fue crear la metodología necesaria para la determinación de medidas directas de contaminación interna en la población infantil. En la actualidad, los resultados experimentales obtenidos empleando tal metodología han sido validados internacionalmente.

A continuación se resume la metodología seguida, que consiste en:

1º.- Desarrollar un maniquí de calibración adecuado que represente en peso y en volumen los parámetros de referencia que establece la ICRP-23 para niños.

Para realizar las calibraciones de Organismo Total se dispone de un maniquí BOMAB (Bottle Mannequin ABsorption) de igual tamaño y peso que el Hombre-Estándar definido por la ICRP-23. Dicho maniquí consiste en 10 compartimentos elípticos que unidos se aproximan a la forma física de un humano. Estas piezas son de polietileno de alta densidad, material equivalente al tejido humano, las cuales se rellenan de una disolución radiactiva con una actividad homogéneamente distribuida en el maniquí y proporcional al volumen de cada pieza. Los radionucleidos presentes en esta disolución están dentro del rango de energías de [200-2000] keV.

Para extender las calibraciones no sólo al Hombre Estándar, sino a otras formas físicas humanas, en el CIEMAT se hicieron modificaciones con los compartimentos de este maniquí, creándose distintas constituciones que nos sirvieran de modelo representativo y que cumplieran cada una de ellas las dimensiones recomendadas por la ICRP-23. Esto dio lugar a 5 geometrías de calibración con maniqués representativos de:

- Hombre-estándar de 75 kg de peso y 1,75 m de estatura
- Hombres de 90-100 kg de peso

- Hombres de 50-60 kg de peso
- Niños de 10 años de 1,40 m de estatura y 34 kg de peso
- Niños de 4 años de 1,05 m de estatura y 18 Kg de peso

Todos ellos cumplen en dimensiones, capacidad y peso los valores establecidos por la ICRP-23.

2º.- Obtención de curvas de Eficiencia correspondientes a adultos y niños. Realizar una calibración en eficiencias significa relacionar el nº de cuentas netas de los fotopicos identificados en un espectro y registrados en el sistema de detección, con el nº de fotones emitidos por el maniquí-fuente en el rango de energías que se determine.

El cálculo de la eficiencia de conteo es utilizado para convertir cuentas netas en actividad de isótopo depositado en el organismo, con dos consideraciones importantes a tener en cuenta a la hora de evaluar sus resultados: la distribución del contaminante en el organismo y las distintas constituciones físicas de los individuos.

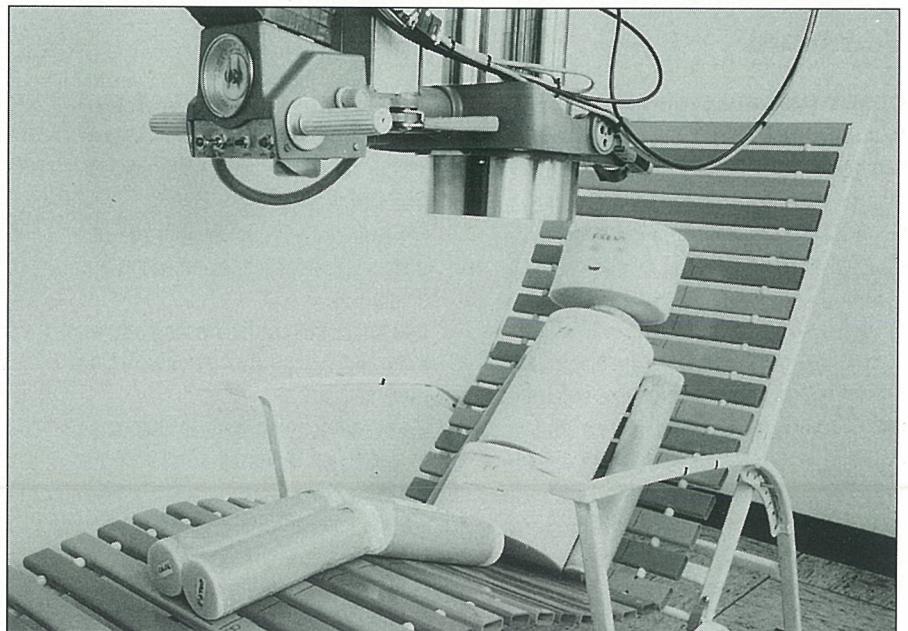
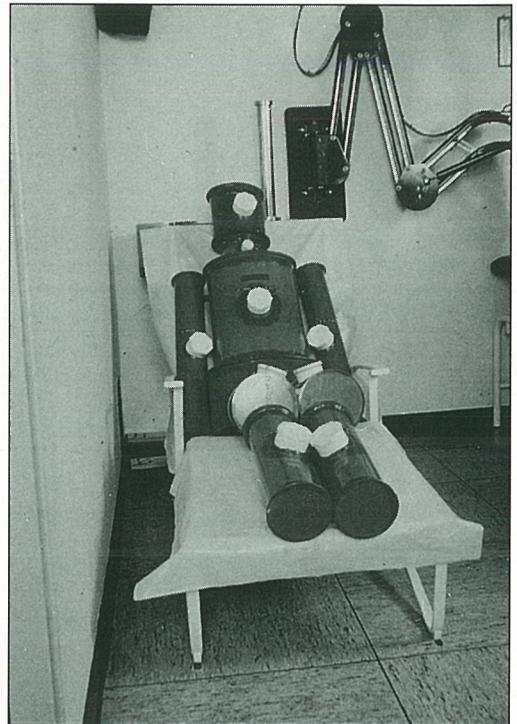
En este CRC se disponen de las calibraciones en Eficiencias, correspondientes a las 5 geometrías citadas anteriormente. En este trabajo sólo van a establecerse diferencias entre adultos representados por el hombre-estándar y por el niño de 4 años ambos con distribución uniforme de contaminante, ya que la comprobación experimental, según se observa en la Figura 1, muestra una diferencia mínima entre las curvas de eficiencia de niños de 4 y 10 años y sin embargo una diferencia muy significativa, entre las curvas de calibración de adultos y niños. De esta observación experimental, podemos deducir que debido al gran ángulo sólido que subtende

el detector en el proceso de medida de nuestra instalación, diferencias pequeñas en constitución física como ocurre con niños de 4 y 10 años no afectan en gran manera a la sensibilidad de detección; por el contrario, diferencias de constitución física entre adultos y niños sí que consideramos que son relevantes.

Los resultados obtenidos, nos indican que la Eficiencia es mayor en niños que en adultos y en consecuencia, la Actividad medida en niños es menor que en adultos.

Por ello, cobran especial relevancia las medidas de contaminación interna en la población infantil porque si no se dispone de las curvas de calibración adecuadas, al analizar la medida de un niño utilizando la eficiencia del adulto se estaría sobreestimando la Actividad del niño en

un 25-35% según la zona de energías. Un factor de un 35 % en la zona de 662 keV (Cs-137) y un 25 % para energías



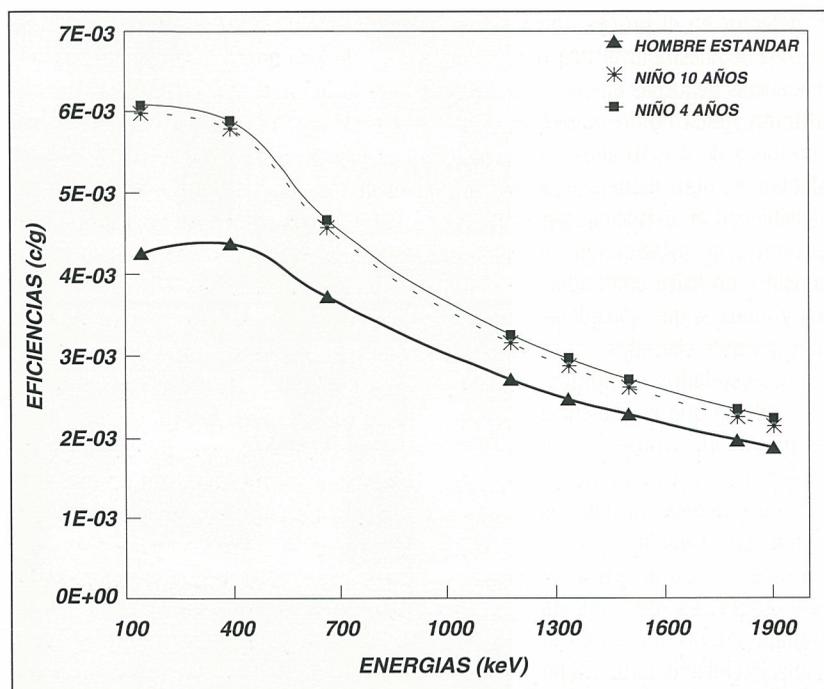


Figura 1. Curvas de Eficiencia de Organismo Total representativas del Hombre Estándar y de los niños de 4 y 10 años

superiores a los 800 keV. Estos porcentajes, son el resultado experimental que nos indican el Factor de dependencia geométrica de nuestra instalación entre Adultos y Niños.

3º.- Determinación de la Precisión de Contaje. Al tratarse de niños, es importante tener en cuenta que durante el tiempo de medida pueden estar en movimiento, modificando así la posición inicial representativa de la geometría de medida utilizada en la curva de calibración.

Este hecho conduce a determinar la precisión de contaje en el caso más desfavorable, para lo cual el maniquí es medido en 5 posiciones distintas y extremas: posición normal, en un extremo a la derecha del detector, extremo a la izquierda del detector, intermedia derecha e intermedia izquierda.

El resultado experimental para el caso

más desfavorable, es decir, el error máximo cometido debido a cambios de posición del niño durante su medida está entre el 2,5% (Cs-137) y el 3,2% (>800keV).

4º.- Determinación de la Actividad Mínima Detectable(AMD) específica para niños. Es importante por dos motivos fundamentales:

- El tiempo de contaje, que por razones obvias debe ser menor en niños que en adultos.
- Influencia del contenido de K-40 en niños en el espectro de energías de medida.

El proceso seguido para la obtención de la A.M.D. en niños es el mismo que el utilizado para el Hombre-estándar. Como éste tiene aproximadamente 140 g de Potasio estable, cada una de las secciones que comprende el maniquí-blanco se rellena con la parte proporcional

que le corresponde de KCl y agua destilada. De igual forma se ha actuado para el tamaño de un niño de 4 años, a quien en este caso le corresponden 36 g de K-estable.

Esta diferencia en el contenido en Potasio, se pone de manifiesto en los valores de la AMD para adultos, que en el caso de Cs-137 es de aproximadamente 70 Bq para un tiempo de contaje de 1200s y de 40 Bq para niños, para un tiempo de contaje de 900s.

5º.- Validación mediante inter-comparaciones internacionales tanto de la metodología de medida como de los resultados experimentales.

Ante la inquietud general expuesta anteriormente para asegurar que cualquier CRC está preparado para la medida directa de la contaminación interna de la población infantil en caso de accidente, el HML (Human Monitoring Laboratory, Ottawa-Ontario, Canada) en colaboración con el DOE (United States Department of Energy) organizaron en 1994 una Inter-comparación Internacional de medidas de CRC con un maniquí BOMAB (P4C), correspondiente a un niño de 4 años referenciado en la ICRP-23. En dicha inter-comparación participaron un total de 27 instalaciones de todo el mundo, entre las que se encontraba el C.R.C. del CIEMAT.

Los resultados finales enviados por el HML a todos los participantes, han sido totalmente satisfactorios para nuestra instalación:

- Los cálculos de Actividad realizados en el CIEMAT al maniquí P4C (maniquí de intercomparación), con las curvas de eficiencia correspondiente al maniquí Ciemat de 4 años, han supuesto una desviación respecto a la Actividad real de tan sólo un $\pm 0,6\%$ en todo el rango de la curva de calibración.
- De la misma forma, los resultados

realizados para casos en que los cálculos de actividad del maniquí P4C fuesen hechos con la curva de eficiencia correspondiente al maniquí Ciemat de adultos, han supuesto una desviación de aproximadamente 1%. Este ejercicio, fué exigido por los organizadores para establecer el factor de dependencia geométrico de cada instalación (adultos-niños) y conocer el error que se comete cuando no se disponen de las curvas de calibración adecuadas. En nuestro caso, los resultados finales enviados por el HML indican que el factor de dependencia geométrico ha sido de un 34,2 % para la zona energética del Cs-137 y del 26,1% para más altas energías. Como se ha expuesto anteriormente, son valores próximos al 1% sobre los resultados Ciemat.

En consecuencia, los resultados obtenidos han validado las curvas de eficiencias tanto de niños como de adultos realizadas con el maniquí BOMAB.

- Han sido coincidentes también los datos realizados sobre la precisión de contaje en el caso más desfavorable: varía entre el 2,5% (Cs-137) y el 3,2% (>800keV).

Estos resultados confirman la metodología de calibración seguida por el CRC del Ciemat, una vez comprobadas la bondad de las curvas de calibración y la exactitud en las medidas de contaminación interna.

2.- ESTUDIO DOSIMÉTRICO

- Con el fin de solucionar el segundo problema aludido en la introducción, es decir, la inexistencia de valores internacionalmente recomendados de factores de dosis por unidad de incorporación (inhalación e ingestión) para todos los radionucleidos en función de la edad del individuo,

la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) publicó en el año 1989 la ICRP-56 « Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1 y más recientemente en 1993 la ICRP-67 « Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2 Ingestion Dose Coefficients « donde se revisan los modelos dosimétricos dados en la parte 1 y se utilizan los nuevos factores de peso (w_r) recomendados por la ICRP en 1990.

La experiencia adquirida a raíz del accidente de Chernobyl sobre datos experimentales publicados, nos muestran que una vez que ha cesado la liberación de radionucleidos, la vía de incorporación más usual a largo plazo y la que más puede afectar a los niños es a través de la cadena alimenticia (aunque también contribuirá a la dosis la inhalación de materiales radiactivos debidos a resuspensión). Los isótopos que más contribuyen a la dosis desde el punto de vista de dosimetría interna son a corto plazo el I-131, importante contribuyente a la dosis por ingestión durante las primeras semanas y a largo plazo los isótopos de cesio (Cs-134 y Cs-137), aunque también pueden ser significativos otros radionucleidos de largo período (Sr-90).

Si asumimos como hipótesis para este trabajo que la vía más probable de irradiación interna proviene de la ingestión de alimentos y agua contaminados, el modelo biocinético a utilizar en este caso es el modelo gastrointestinal (TGI) que nos va a permitir convertir la actividad retenida en el organismo (datos de medidas directas) en actividad incorporada y ésta a su vez en dosis a través de los factores correspondientes.

Este modelo, aplicado a la población infantil, es el mismo ya descrito por la ICRP-30 para adultos. Lo forman 4 com-

partimentos: estómago, intestino delgado, intestino grueso superior, e intestino grueso inferior con tiempos medios de retención de 1, 4, 13 y 24 h, respectivamente y donde la absorción del contaminante, es decir la transferencia entre el TGI y fluidos corporales se realiza a través del intestino delgado, excepto cuando el factor de absorción (f_1) = 1, porque en este caso se asume que el contaminante pasa directamente del estómago a fluidos y no a través de otras secciones del TGI.

Sin embargo, aunque el modelo TGI es común para adultos y niños, existen matizaciones importantes que exigen diferenciar su tratamiento y que ponen de manifiesto la importancia que tiene la edad en la estimación de dosis:

1.-El tiempo de retención del contaminante dentro del TGI depende de la edad del individuo.

Corazziari et al.(1985) han demostrado que el tiempo medio de paso del contaminante es significativamente menor en niños que en adultos.

2.-La absorción de los contaminantes también se ve influenciada por la edad.

A partir de datos experimentales, se ha demostrado que la absorción en niños en su primer año de vida (el más crítico), es mayor que en adultos y es debido fundamentalmente a dos motivos :

- una mayor permeabilidad de la mucosa intestinal en niños
- la formación de complejos con la lactosa contenida en la leche de alimentación.

En consecuencia, los factores de absorción (f_1) utilizados en el modelo dosimétrico del TGI toman distintos valores en niños y en adultos. Cuando en adultos f_1 varía entre 0,01 y 0,5, en niños (0-1 año) estos valores se ven incrementados un factor 2 ($f_1 \cdot 2$), y para elementos con valores de f_1 de 0,001 ó



menor, en niños se incrementan un factor 10 ($f_i=10$).

Por consiguiente, si en una evaluación dosimétrica los parámetros de adultos se utilizan para la población infantil, estaremos sobreestimando dosis sobre todo en radionucleidos de vida larga.

Como ejemplo práctico de lo expuesto anteriormente, mostraremos la diferencia existente para el contaminante Cs-137 entre adultos y niños en el caso hipotético de ingesta de alimentos. Se ha elegido este radionucleido porque en caso de accidente y a largo plazo es el que tiende a prevalecer, además de ser el más significativo en la contribución de dosis.

Si estudiamos su comportamiento metabólico, es decir, la distribución y retención de este radionucleido una vez incorporado al organismo, veremos que el comportamiento para adultos y para niños es muy diferente, a pesar de que en este caso (Cs-137) $f_i=1$ (no hay cambios en el parámetro de absorción), aunque sí va a verse afectado el tiempo de retención del contaminante.

Así, en el caso de **adultos** la retención de Cesio en el organismo viene definida por una función suma de dos componentes exponenciales que nos indican que un 10% de la cantidad ingerida es eliminado con un período biológico de 2 días, y el 90% restante necesita 110 días para eliminarse.

Para **niños de entre 5 y 10 años**, la retención se expresaría del mismo modo, con la suma de dos componentes exponenciales cuya distribución es aproximadamente de un 40%, eliminado con un período biológico de 8 días y el 60% restante con 40 días.

Para **niños de hasta 1 año de edad**, la retención del cesio es descrita por una sola exponencial donde el 100% es eliminado con un período de 16 días.

Todo esto se pone de manifiesto observando la Figura 2 donde vemos que

las curvas de retención de Cs-137 en el organismo en el caso de ingestión única y incorporación de 1 Bq entre adultos y niños (1 año) tienen una diferencia muy significativa.

En el caso de que la hipótesis tomada sea la de una ingestión crónica durante un tiempo significativo y para una incorporación de 1 Bq las curvas metabólicas de retención presentes en la Figura 3, presentan como en el caso anterior diferencias relevantes entre adultos y niños.

Una vez calculada la incorporación, el paso siguiente nos lleva a comparar los factores de conversión de dosis (Sv/Bq) entre adultos en general y niños de 1 año, caso más conservador en la evaluación dosimétrica.

Llegado a este punto, debemos aclarar que mientras que para exposiciones ocupacionales la ICRP recomienda que el período apropiado de integración de la

dosis equivalente a un trabajador es de 50 años, en el caso de miembros del público se aconseja que el tiempo de integración para el caso de una incorporación única y para una determinada edad sea de 70 años.

Por todo lo cual, en una incorporación de 1 Bq de Cs-137 en un niño entre 1-5 años de edad, el factor de dosis efectiva integrada en 70 años para una ingestión única es de aproximadamente $1E-08$ (Sv/Bq). Si por el contrario, se produce la incorporación en un adulto (miembro del público), el factor de dosis efectiva integrada en 70 años para una ingestión única es de aproximadamente $1,4E-08$ (Sv/Bq)

Por lo tanto, en este caso particular se confirma la sobreestimación de dosis (un 40%) si al hacer una evaluación dosimétrica se utilizan los factores de dosis de adultos en la población infantil.

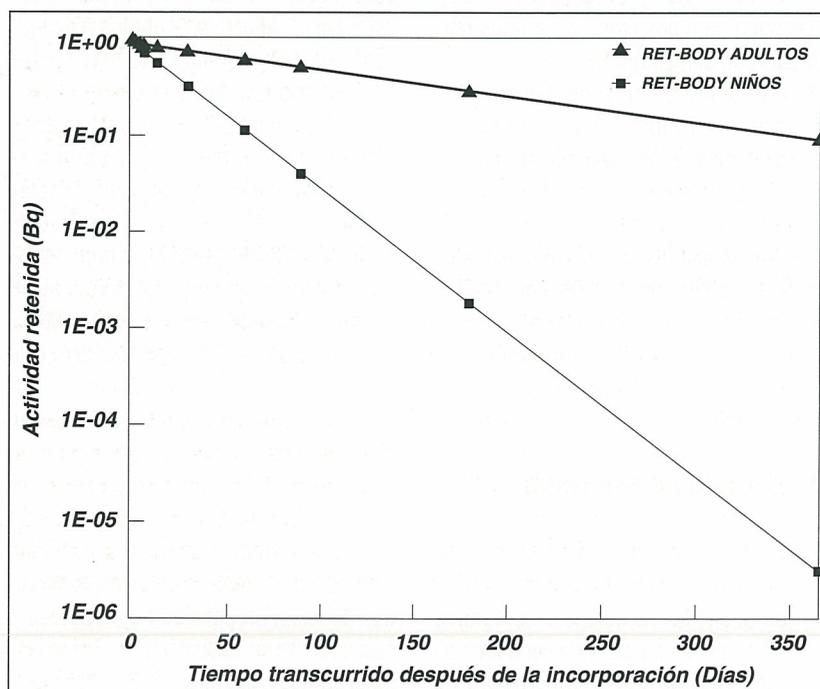


Figura 2. Curvas de Retención de Cs-137 en Organismo Total para una ingestión única de 1 Bq. Comparación entre adultos y niños.

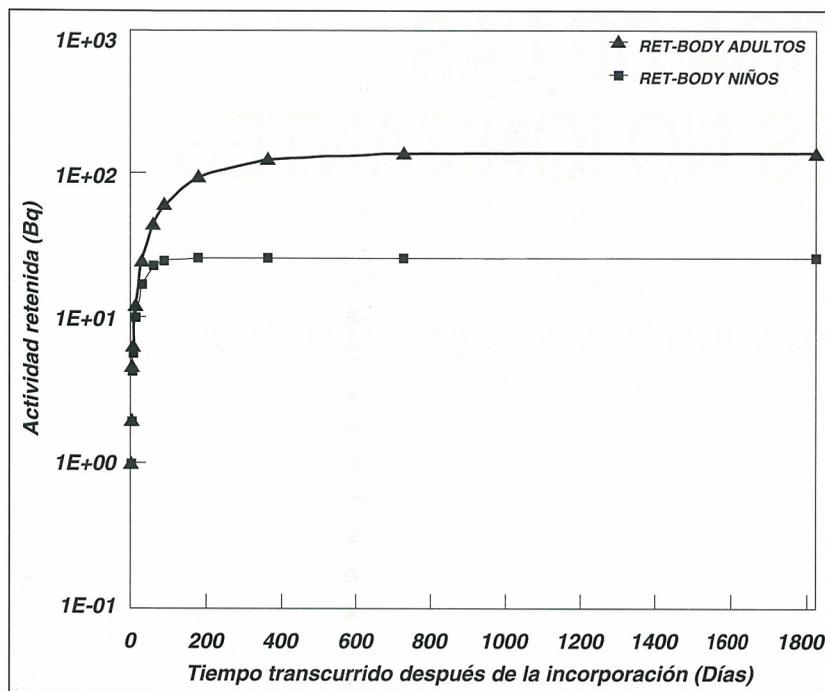


Figura 3. Curvas de Retención de Cs-137 en Organismo Total para una ingestión crónica de 1 Bq. Comparación entre adultos y niños.

III.- CONCLUSIONES

- Cobra especial relevancia la disponibilidad que debe tener un CRC para todo tipo de medidas, sobre todo para la población infantil una vez demostrado que podemos sobreestimar la Actividad del niño en un 25-35% si no disponemos de las curvas de calibración adecuadas.
- Los datos experimentales presentados en este trabajo, confirman la validez de la metodología de medida en población infantil y en adultos desarrollada en el CIEMAT. Los resultados de la intercomparación promovida por el HML en el año 94 han confirmado que tanto la metodología seguida como los resultados obtenidos son altamente satisfactorios para el CIEMAT, al comprobarse que la desviación es de sólo un

- ±0,6% en niños y de aproximadamente 1% en adultos.
- Como ha puesto de manifiesto la ICRP a través de sus 2 publicaciones (ICRP-56, ICRP-67) y de los resultados experimentales presentados en el estudio dosimétrico se confirma la diferencia en el comportamiento metabólico de los radionucleidos entre adultos y niños sobre todo en el período más crítico: primer año de vida
- En una evaluación dosimétrica, los parámetros utilizados en adultos no son aplicables a la población infantil, porque por regla general la dosis final en niños quedará sobreestimada, sobre todo en radionucleidos de vida larga.
- En definitiva, todo Servicio de Dosimetría Interna debe encontrarse preparado para responder a todo tipo de emergencias, no sólo para casos de trabajadores profesionales, sino para

miembros del público en general y de todas las edades, una vez demostrado la influencia de la edad en las evaluaciones dosimétricas de una contaminación interna.

IV.- REFERENCIAS

- Corazziari et al.» Gastrointestinal transit time, frequency of defecation, and anorectal manometry in healthy and constipated children. J.Pediat. 106, 379-382.(1985)
- EUR 13054EN : «Internal contamination measurements conducted in Europe after the Chernobyl accident». CEE, Luxemburgo (1990)
- Kramer et al. « The BRMD BOMAB Phantom Family». Health Physics 61, 895-902 (1991).
- Kramer and Olsen: « Results of the 1993 Intercomparison/Intercalibration». Human Monitoring Laboratory .HMLTD-95-1 (1994)
- ICRP-23 : «Report of the task Group on Reference Man». (1974)
- ICRP-30 : «Limits for Intakes of Radionuclides by Workers». (1979)
- ICRP-56 : «Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides». Part 1 (1989)
- ICRP-67 : «Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2 Ingestion Dose Coefficients. (1993)
- Navarro T., López M.A. « Procedimiento para la calibración del sistema NaI(Tl) para organismo total». PR-X7-20. Ciemat (1993)
- Navarro T., López M.A. « Procedimiento de medidas de organismo total en CRC». PR-X7-22. Ciemat (1993)
- Navarro T., López M.A. « In vivo Measurements Performed Within an International Intercomparison Program for Whole body Counters Using a Four years Old Phantom». Fourth Conference on Radiation Protection and Dosimetry. Oak Ridge National Laboratory(1994)



PROBLEMÁTICA DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES

Situación actual, especialmente para las radiaciones de muy bajas frecuencias.

Existe hoy una problemática sobre los efectos de las radiaciones no ionizantes (RNI), especialmente en lo que respecta a las de bajas frecuencias, que ha llevado al IRPA a crear la Comisión Internacional de Protección contra RNI (ICNIRP). El presente artículo expone los argumentos que han justificado tal decisión, basada en el resultado de estudios tanto epidemiológicos como experimentales. Actualmente, los expertos en la materia admiten que las RNI provocan efectos biológicos bajo determinadas condiciones. Los datos de los estudios son tenidos en cuenta, a pesar de que la carencia de una teoría unificada sobre las interacciones biológicas de RNI de bajas frecuencias provoca una controversia acerca de sus posibles efectos sobre la salud. El estado presente de la cuestión justifica sobradamente el impulso de las investigaciones sobre las RNI, cuya utilización creciente es considerada esencial para el desarrollo tecnológico, y cuyas aplicaciones terapéuticas y diagnósticas se amplían día a día.

Jocelyne Leal y
Alejandro Ubeda
Servicio de
Bioelectromagnetismo
Dpto. Investigación,
Hospital Ramón y Cajal.
28034 Madrid.

Today a series of problematic issues have been raised on the biological effects of non-ionizing radiation (NIR), specially that in the low frequency range. As a consequence, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) was recently created by the IRPA. This article summarizes the arguments justifying such a decision, which rests on the results of a number of epidemiological as well as experimental studies. At present, it is widely accepted that NIR can induce biological responses under particular conditions. The data have to be seriously considered, in spite of the fact that the present lack of an unified theory on the biological interactions of low frequency NIR leads to a controversy on the putative health effects caused by the exposure to these fields. In the present situation, the need of a substantial effort to deepen the research in this area becomes obvious, due to the fact that the increasing use of NIR is necessary for a proper technological development, and because of the rapidly expanding therapeutical and diagnostic applications of NIR.

INTRODUCCIÓN

Las Sociedades de Protección Radiológica de países europeos están ampliando el rango de Protección a las Radiaciones No Ionizantes (RNI, Fig. 1). En vista del creciente interés científico y público por la acción de los campos electromagnéticos (CEMs), tanto por sus aplicaciones terapéuticas como por ser factores ambientales con potenciales efectos sobre la salud en ciertas condiciones, la «International Radiation Protection Association (IRPA)» ha organizado la «International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)». La DG XIII de la Comisión Europea ha tomado también recientemente la decisión de financiar un pro-

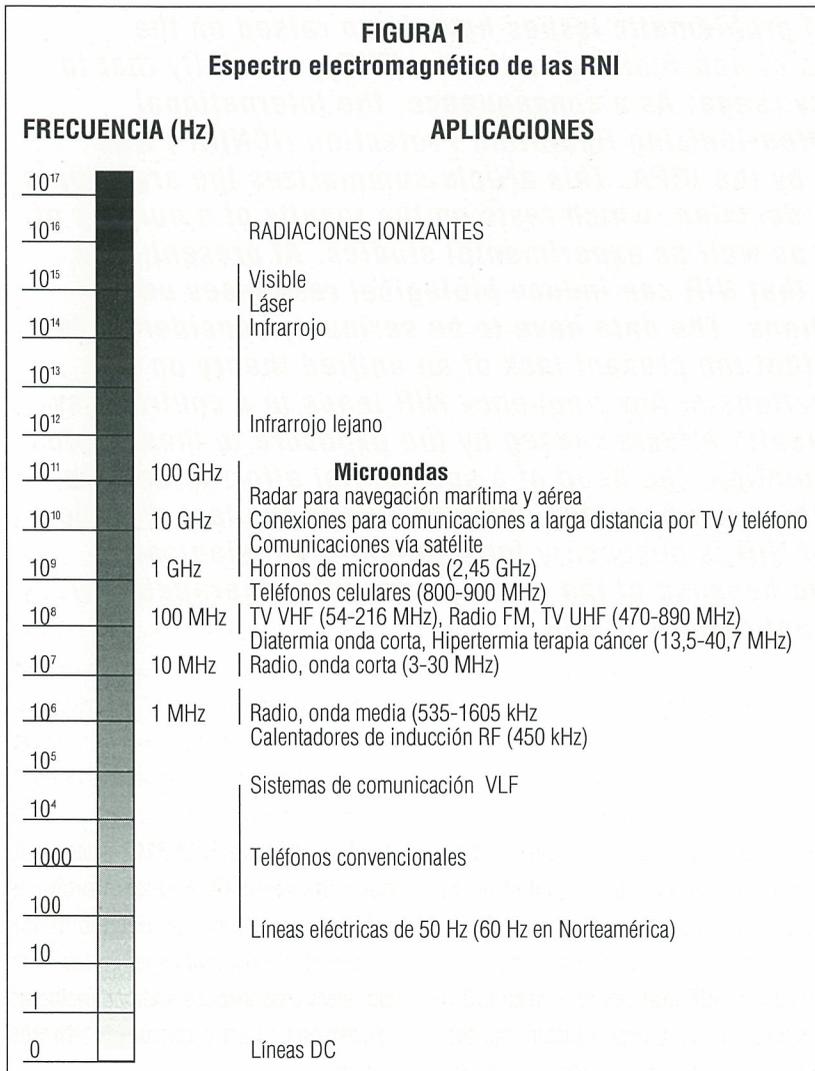
grama de investigación a cerca de los posibles efectos sobre la salud de los teléfonos móviles-celulares. Dicha Dirección General está ya financiando la Acción COST 244 sobre «Efectos Bio-médicos de los Campos Electromagnéticos». El Instituto Nacional de Salud e Investigación Científica Médica (INSERM) de Francia, ha elaborado hace 2 años un informe a petición de la compañía Electricidad De Francia, EDF. Para eso se ha analizado más de 140 estudios y artículos de síntesis sobre los efectos de campos eléctricos y magnéticos de muy bajas frecuencias. El informe señala que «saber si los efectos de CEMs sobre la salud son reales es muy importante, especialmente a nivel de Salud Pública». A partir de las conclusiones de este

amplio estudio, el INSERM ha declarado que «los resultados epidemiológicos actualmente disponibles (febrero 1993), no permiten excluir el papel de los campos electromagnéticos en la aparición de leucemias, particularmente en los niños».

El Parlamento Europeo aprobó el 5 de mayo de 1994 una «Resolución sobre la lucha contra los efectos nocivos provocados por las Radiaciones No Ionizantes». El Parlamento se basó en el informe de la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Protección del Consumidor y tomó en cuenta la opinión de la Comisión de Energía, Investigación y Tecnología» (ver transcripción del documento al final del texto).



FIGURA 1
Espectro electromagnético de las RNI



Las razones de estas decisiones y de muchas otras tomadas tanto en Europa como en los Estados Unidos, residen en parte en el hecho de que se están desarrollando aplicaciones terapéuticas y de diagnóstico bien conocidas y ampliamente utilizadas hoy en día, como el láser, las microondas (915 MHz-2,45 GHz), las ondas cortas (27,12 MHz) y la resonancia magnética nuclear (RMN) que se basan en el uso de RNI de distintas

frecuencias. A consecuencia de este desarrollo han surgido preguntas sobre si puede haber efectos nocivos sobre la salud cuando adultos y niños están expuestos crónicamente y sin control en su medio ambiente residencial y/o profesional.

Tomaremos como ejemplo el caso del nuevo método de diagnóstico por imagen que es la RMN. Este método está basado en la medida de respuesta

del protón a un primer estímulo por campo magnético (CM) estable (entre 0,15 y 2 Teslas). El estímulo hace que una cierta cantidad de protones se alineen según el campo, y otros los hagan contra el campo. La diferencia entre estas dos poblaciones alineadas provoca una magnetización neta. Se aplica entonces un CM alterno con una frecuencia apropiada (RFs entre 0,5 y 80 MHz, y de hasta 3 T/sec), lo que provoca un cambio en la orientación de los núcleos. Este cambio va acompañado de una absorción de energía por los protones, pasando los núcleos de un nivel energético bajo a otro más alto. Cuando se retira el CM alterno, los núcleos regresan a un estado de equilibrio con emisión de energía a la misma frecuencia del CM alterno, y que resulta ser la frecuencia de resonancia (o de Larmor) del protón en cada caso (por ejemplo, para un CM de 0,1 T, la frecuencia de resonancia del protón es de 4,2 MHz). Así, en un CM estable los núcleos pueden ser llevados a recibir y transmitir energía del rango de RFs, habiendo generado gradientes de 0,5 a 10 mTeslas/m (mT/m) sobre el paciente durante la exposición. Siendo un método de diagnóstico extremadamente preciso, la RMN podría ser pronto la principal fuente de exposición pública a CEMs de alta densidad. Esta aplicación de los CEMs al organismo, capaz de provocar respuestas de los protones, revela dos hechos: (1) que el organismo responde a ciertas condiciones de exposición y (2) que a nivel celular la respuesta a CEMs puede implicar mecanismos de resonancia iónica.

TABLA 1

A partir de: J. Dennis (1994). CGC meeting. Commission of the European Communities. Brussels, 7-8 Feb.

Resumen de Riesgos Relativos Obtenidos en los Estudios Anteriores a 1991, con Metodología de Estimaciones de la Exposición Basada sobre la Configuración de los Tendidos Eléctricos.

Cánceres infantiles en general	1,53 (95% CI 1,04 - 2,25)**
Leucemias infantiles	1,39 (95% CI 1,09 - 1,77)**
Cánceres cerebrales infantiles	2,04 (95% CI 1,11 - 3,76)**
Otros cánceres infantiles	1,37 (95% CI 0,86 - 2,18)
Leucemias agudas linfocíticas en adultos	1,48 (95% CI 0,80 - 2,73)

I.- ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS SOBRE EXPOSICION CRONICA A CEMS DE FRECUENCIAS EXTREMADAMENTE BAJAS (60/50 HZ).

A.- Medio Ambiente Residencial

Desde hace más de quince años se están dando a conocer resultados de estudios epidemiológicos sobre este tema ^{1,2}. De 35 estudios sobre exposición a CEMs en el medio ambiental residencial o laboral, 27 indican incrementos significativos del riesgo de cáncer, especialmente leucemia o, en menor grado, cáncer cerebral en niños. El umbral del campo magnético ambiental asociado a este efecto, en la mayoría de los estudios es de 0,2 μ Teslas (2 mGauss), asociación que se mantiene tomando en cuenta los posibles factores de confusión ³. Algunos de los estudios, como el de Feychting y Ahlbom ⁴, han mostrado la existencia de una relación dosis de expo-

sición- magnitud del efecto. Los estudios sobre exposición de poblaciones infantiles a campos generados por líneas de alta tensión (LAT) son relativamente fáciles de abordar desde el punto de vista metodológico. En ellos, la mayor fuente del campo ambiental es localizable, la exposición es relativamente continua y la población infantil está en general menos expuesta que los adultos a factores químicos carcinógenos⁵. Sin embargo, la estimación de la exposición es un tema difícil de aclarar, al igual que lo es el hecho de que los controles elegidos están también expuestos en general a campos de fuentes incontroladas.

Pero existe un consenso científico, cada día más amplio, en el sentido de que la estimación de la exposición durante años en el medio residencial cercano a LAT, es más rigurosa cuando se hace a partir de cálculos de exposición histórica que si se emplea dosimetría puntual en el tiempo. Esa es la razón por la cual muchos estudios han estimado la

exposición para cada caso según la distancia y/o la configuración del tendido eléctrico. Tal es el caso de los estudios mencionados en la figura 2, que mostraron riesgos relativos entre 1,5 y 3 para leucemias en poblaciones infantiles. Para tumores cerebrales los datos de los estudios estadounidenses indican un incremento del riesgo, lo que no siempre ocurrió en los europeos. Como veremos más adelante, estos datos presentan un paralelismo con los obtenidos para adultos expuestos en su ambiente laboral.

En 1989 la Organización Mundial de la Salud (WHO) consideraba que los estudios, aunque sugerían un efecto nocivo para la salud, no eran concluyentes. Cinco años más tarde, nuevos estudios realizados tanto en los Estados Unidos como en Europa, con protocolos más precisos, han indicado también asociación entre exposición crónica y riesgo de cáncer (leucemia) en niños y en menor grado en adultos. En todo caso, es necesario reforzar los datos tanto sobre leucemias como sobre cánceres cerebrales (Tabla 1). Se necesita investigar el tema de forma más amplia, sobre poblaciones de mayor tamaño y con protocolos normalizados.

B.- Medio Ambiente Laboral

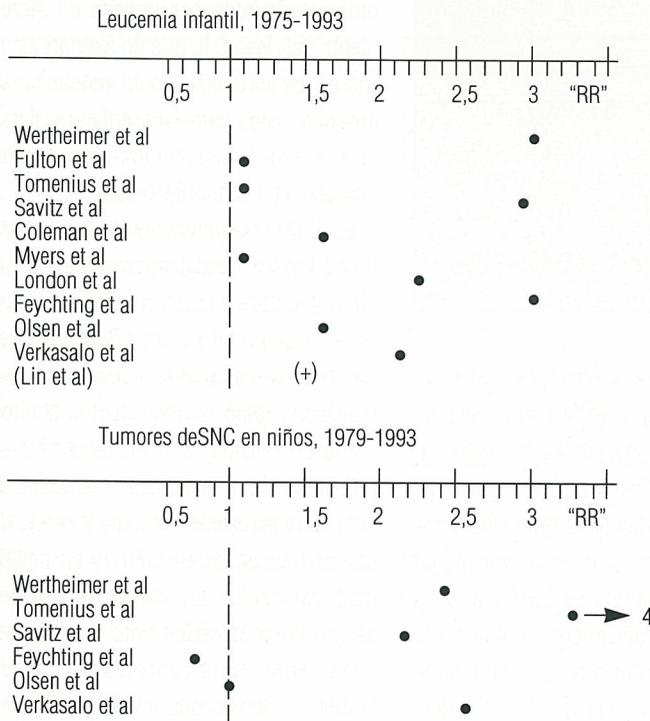
Los estudios epidemiológicos sobre exposición de adultos en el medio laboral tienen una complejidad notablemente mayor que los del medio residencial. Es necesario estimar los diferentes niveles o grupos de exposición según las actividades profesionales y/o, por dosimetría, establecer estos grupos de exposición (baja, media o alta) según los rangos de



FIGURA 2

A partir de B. Floderus, COST 244 (1995)

Resumen de los resultados de estudios epidemiológicos sobre exposición a campos magnéticos residenciales generados por líneas de alta tensión y cáncer en niños; A: Leucemia; B: Cáncer cerebral. Estos estudios han considerado las exposiciones según distancias y/o configuraciones de las líneas de alta tensión (RR: Riesgo Relativo. SNC: Sistema Nervioso Central).



densidades de campo magnético a los cuales han estado expuestos los trabajadores durante años en el mismo trabajo. Se ha puesto en evidencia en estudios recientes la importancia de los factores tiempo de trabajo en exposición electromagnética y edad a la cual empezó esta exposición^{6,7}. En la tabla 2 se indican los resultados globales de estudios realizados hasta 1991, considerados válidos y analizados en artículos de revisión de los datos o, como estudios específicos, los más recientes de los indicados en la

tabla. Como indican Coleman y Beral⁸, los datos más consistentes en 1988 indicaban que los empleados en trabajos de electricidad tienen un riesgo incrementado de padecer leucemia, especialmente leucemia mieloide aguda, pero el incremento es pequeño (según la tabla 2, el incremento de leucemia mieloide es de 50%). Hay que hacer notar que en los estudios más recientes indicados en esta tabla se ha observado también un incremento del riesgo de cáncer de mama en hombres. Entre estos estudios, el de

Demers et al.⁹ muestra un riesgo particularmente alto para electricistas, instaladores de líneas telefónicas y trabajadores de tendidos eléctricos y de radio-comunicaciones, en comparación con otras profesiones con exposición. Se observó también un riesgo mayor entre los sujetos habían empezado su trabajo con exposición EM a una edad inferior a los 30 años.

Desde 1991, otros seis estudios han indicado también una asociación entre exposición crónica laboral a campos y un incremento de riesgos de leucemia o cáncer cerebral^{6,7,10,11,12,13,14}.

Se ha puesto en evidencia que los resultados de estudios epidemiológicos sobre este tema muestran frecuentemente diferencias notables entre sí en lo relativo a la enfermedad asociada a la exposición. Así, es importante si se han considerado todos los tipos de cáncer, leucemias o cánceres cerebrales como conjuntos, o si, por el contrario, se ha estudiado la incidencia de leucemias específicas o subgrupos de tumores cerebrales. En particular, puede haber discrepancia de resultados para casos de leucemia según se tome en cuenta la mortalidad o la morbilidad. Tal ocurre, por ejemplo, para la leucemia linfocítica crónica, que es más común en adultos que la mieloide aguda y tiene una tasa de mortalidad más baja. Es esto precisamente lo que han intentado resolver los epidemiólogos en este tema durante los últimos cuatro años.

Mack et al.⁶ han estudiado, para trabajadores de Los Angeles (California), la historia laboral de cada caso y han calculado el riesgo asociado para un periodo de exposición en el trabajo superior a 10 años en el trabajo. No se observó incre-

TABLA 2

A partir de: J. Dennis (1994). CGC meeting. Commission of the European Communities. Brussels, 7-8 Feb.

Resumen parcial de los riesgos relativos de cáncer para empleados en trabajos de electricidad y electrónica. Estudios realizados con anterioridad a 1991.

Tipo de cáncer	Riesgo relativo (Intervalo de confianza del 95%)	Referencias
Leucemias en general	1,2 (1,1 - 1,3)**	20 estudios: (1) (2)
Leucemias mieloides	1,5 (1,2 - 1,8)**	
Cánceres cerebrales	1,3 (1,2 - 1,5)**	8 estudios: (3)
Melanoma cutáneo maligno	1,4 (1,1 - 1,8)** 0,7 (0,5 - 1,1)	(4) Suecia (5) Nueva Zelanda
Cáncer de mama en varones	2,1 (1,10 - 3,6)** 1,8 (1,0 - 3,7)** 0,8 (0,3 - 2,0)	(6) Noruega (7) USA (8) USA

REFERENCIAS:

- | | |
|---------------------|--|
| 1) Savitz, Calle. | Journ. Occup. Med. 29, 47-51 (1987) |
| 2) Coleman, Beral. | Int. Journ. Epid. 17, 1-13 (1988) |
| 3) Dennis et al. | NRPB report NRPB-R 241 (1992) |
| 4) Vagerö, Olin. | Brit. Journ. Med. 40, 188-192 (1983) |
| 5) Pearce et al. | Int. Journ. Epid. 18, 55-59 (1989) |
| 6) Tynes, Anderson. | Lancet 336, 1596 (1990) |
| 7) Demers et al. | Amer. Journ. Epid. 134, 340-347 (1991) |
| 8) Rosenbaum et al. | Abst. 23rd Ann. Meeting Soc. Epid. Res. (1990) |

mento significativo de riesgo para cánceres cerebrales en su conjunto, independientemente del tiempo de trabajo. Tampoco se encontró asociación para meningiomas ni gliomas. Sin embargo, para astrocitomas en particular, el riesgo relativo observado fue de 10,3 (con un intervalo de confianza del 95% de 1,3-80,8). El riesgo se incrementaba significativamente con el tiempo de trabajo. En este estudio, como en muchos otros, una de las categorías de empleo más frecuen-

te entre los casos de riesgo es la de electricista.

Otro ejemplo es el estudio de Floderus et al.^{7,10}, sobre trabajadores suecos (Fig. 4). El riesgo de leucemias mostraba un ligero incremento asociado a la exposición a CM superior a 0,2 μ T, incrementándose el riesgo con el tiempo y con la dosis. Esta relación se debe a los grupos de mayor edad (superior a 50 años). No se ha visto asociación de la exposición laboral con leucemia mieloide aguda,

pero sí, y en función de la dosis, con leucemia linfocítica crónica. Esta asociación se mantiene tomando en cuenta las posibles variables de confusión como benceno, pesticidas, disolventes etc.

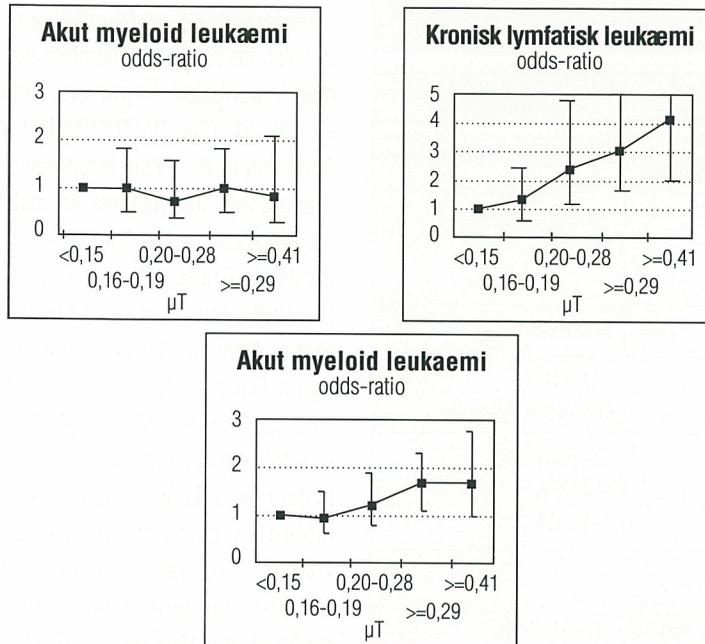
Recientemente, se han dado a conocer también los resultados de otros dos estudios importantes. El primero, publicado en dos artículos de Thériault et al.¹² y Armstrong et al.¹³. Este estudio se ha realizado sobre trabajadores de instalaciones eléctricas de las Compañías de Electricité de France-Gaz de France, EDF (170.000 trabajadores), de Ontario Hydro, Canadá (31.543 hombres) y de Hydro-Quebec, Canadá (21.749 casos), en el periodo de 1970 a 1989. El estudio ha reforzado la hipótesis de un incremento del riesgo de leucemia por exposición laboral a campos sinusoidales de 60/50Hz. Los trabajadores expuestos a campos magnéticos superiores a la media acumulativa de 3,1 μ T-año tenían un incremento del riesgo de leucemia no linfocítica aguda de 2,41, con intervalo de confianza de 95% de 1,07-5,44. Lo mismo se observó para leucemia mieloide aguda, siendo el incremento de 3,15 con un intervalo de confianza 95% de 1,20-8,27. El nivel umbral de 0,2 μ T se ha visto también asociado a leucemia no linfocítica aguda (incremento del riesgo de 2,36) o a leucemia mieloide aguda (2,25) para los expuestos durante 10 años o más. Pero no se observó una relación dosis-efecto.

Siendo los riesgos diferentes en las 3 compañías, se debe considerar los datos con prudencia. A pesar de esto, el estudio es importante visto que se ha trabajado sobre una población global numéricamente grande, que se han hecho



FIGURA 3

Occupational Exposure to EMFs in Relation to Leukemia and Brain Tumors. A. Case-Control Study. B. Floderus et al; Nat. Inst. Occupat. Health; Sweden. Personal communication, Jorgen Bach Andersen, March 1993.



deba tomar en cuenta estos resultados, a interpretar los datos con mucha precaución. Por eso resulta necesario reforzar también los estudios experimentales sobre PEMFs. Efectivamente numerosos trabajos han descrito ya efectos biológicos de campos pulsados de baja frecuencia con tiempos de subida del pulso cortos.

El segundo trabajo reciente destacable es de Savitz y Loomis¹⁴. Estos autores han publicado los resultados de un amplio estudio realizado en Estados Unidos sobre 138.905 trabajadores empleados durante 6 ó más meses, entre 1950 y 1986, en 5 compañías eléctricas. No se encontró relación significativa entre exposición y muerte por leucemias, excepto para electricistas con más de 20 años en su trabajo. Sin embargo, sí se obtuvieron datos de un incremento de riesgo de mortalidad por cáncer cerebral con efecto de dosis. El riesgo se incrementaba en un factor de 1,94 por microtesla-año de campo magnético, entre los 2 a 10 años anteriores al diagnóstico. Para los más expuestos, la tasa de mortalidad por cáncer cerebral era de 2,6. Como indican los autores, sus resultados no están en contradicción con los de Floderus et al.^{7,10} (ver figura 4) y Theriault et al.¹², visto que también para leucemia linfocítica crónica y leucemia mieloide aguda han encontrado ligeros incrementos de riesgos entre los trabajadores más expuestos. Además, numerosos epidemiólogos han sugerido que, en futuros estudios, la leucemia para trabajadores debería ser estimada en términos de morbilidad y no de mortalidad.

Los estudios analizados en este apartado, presentan metodologías y estima-

mediciones múltiples y que se han tomado en cuenta de forma detallada los posibles factores de confusión. «The Electric Power Research Institute (EPRI)» de los Estados Unidos considera que el estudio apoya la hipótesis de asociación EMF-leucemia (en particular leucemia mieloide aguda), y con menor fuerza, la de EMF-cáncer cerebral, pero no constituye todavía la prueba definitiva. Existe la necesidad de análisis más profundos de los datos y de realizar otros estudios.

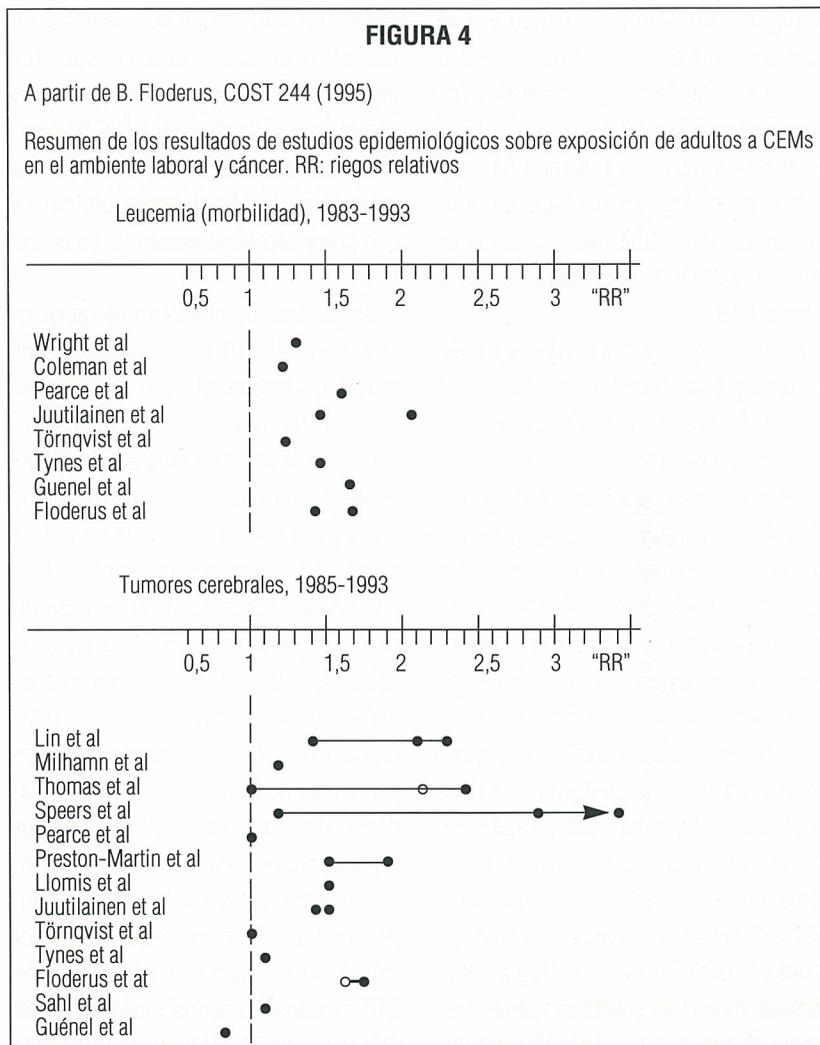
Precisamente, después de su primera publicación de resultados, Armstrong, Theriault et al.¹³ han dado a conocer resultados adicionales de este estudio sobre los 170.000 trabajadores de EDF

(Francia) y los 21.749 de Hydro-Quebec (HQ, Canadá) que, entre 1978 y 1989 (EDF) y entre 1970 y 1988 (HQ), habían trabajado durante 1 año o más, en tareas que implicaban exposición a campos electromagnéticos pulsados (PEMFs). Se trataba de pulsos de corta duración e intensos, llamados también campos transitorios de alta frecuencia (HFTs), aquí en el rango de 5 a 20 MHz. Se observó una asociación de la exposición acumulativa con cáncer de pulmón, siendo el incremento de riesgo de 3,11 entre los sujetos expuestos a los campos más altos. Las dificultades de una estimación precisa de la exposición y de las características de los campos obliga, aunque se

ciones de exposiciones diferentes, pero indican que un factor común «la exposición EM» puede incrementar el riesgo de cáncer. Son estudios independientes, sobre poblaciones muy distintas, de países diferentes, pero con un factor común, la exposición EM crónica, que han encontrado un nivel umbral común de densidad de flujo magnético ambiental asociados a un incremento de riesgo de cáncer. Los datos muestran que puede haber, en ciertas condiciones, una relación causa-efecto, tal vez, en acción sinérgica con otros factores ambientales químicos aún por determinar. Como piden las organizaciones científicas y también la resolución votada por el Parlamento Europeo, se necesitan más estudios para saber cuándo y cómo pueden producirse efectos sobre la salud. En efecto, se está investigando los mecanismos de interacciones CEMs-sistemas biológicos a nivel celular y a nivel del organismo. Este tema está analizado más ampliamente en el apartado correspondiente de este artículo. No se sabe todavía si se dan efectos dentro de ventanas de densidades de flujo magnético para las cuales habría relación dosis-efecto, o si existe una simple relación lineal. Se trabaja también a nivel experimental sobre una posible influencia de agentes carcinógenos químicos cuyos efectos podrían potenciar los campos co-promotores de la carcinogénesis.

II.- ESTUDIOS EXPERIMENTALES SOBRE RNI DE BAJAS Y MUY BAJAS FRECUENCIAS

Desde hace más de 14 años se sabe que las RNI de bajas (300 Hz - 10 kHz) y



muy bajas frecuencias (5 - 300 Hz) pueden cambiar el metabolismo celular¹⁵. Estas RNI pueden por ejemplo, incrementar la tasa de proliferación de células normales y malignas humanas^{16,17,18,19}. Los resultados de Liboff et al.²⁰ sobre células humanas de linfoma (HSB2) son un ejemplo representativo del tema. En este trabajo las células fueron expuestas a dos campos paralelos y sinusoidales, uno constante y otro alterno de 60 Hz. Se aplicaron intensidades de pico desde 5 a

150 μ T (50 a 1.500 mG). Según la teoría de resonancia de ciclotrón (ver sección mecanismos de este artículo) para provocar resonancia de los iones potasio (K^+) en las células, la intensidad de los campos debe ser de 30,64 ó 51,06 μ T, cuando el campo alterno es de 60 Hz. Probando las intensidades de campo, dentro del rango indicado, se obtuvieron incrementos máximos de la tasa de proliferación celular a las dos intensidades predichas por el modelo. Este estudio, al igual que



otros, ha mostrado que cuando el CM constante ambiental tiene una intensidad similar a la del campo geomagnético (de aproximadamente 30 a 70 μT según la localización geográfica, siendo 51,1 μT común en los Estados Unidos), los campos ambientales alternos sinusoidales pueden, según su intensidad, actuar a nivel celular.

Entre los diversos efectos de los CEMs, podemos citar también los descritos sobre la tasa de anomalías cromosómicas^{21,22,23,24,25}, y los efectos antagonistas a la melatonina, que por ejemplo, actúa como oncostático sobre la proliferación celular de cáncer de mama²⁶. Uno de los efectos más importantes de estos CEMs es también su posible actuación como promotores o copromotores de la carcinogénesis. La primera mención a la hipótesis de que los campos podrían actuar a nivel celular como promotores carcinógenos fue dada por Byus y Adey entre 1986 y 1988^{27,28,29}, y sigue siendo uno de los grandes temas actualmente³⁰. La actuación de los campos sobre el tejido nervioso, modificando el flujo de iones Ca^{++} ^{31,32}, sugiere que campos mucho más débiles que el gradiente de potencial de la membrana celular (105 V/m) pueden modular las respuestas celulares a moléculas de membrana. Los trabajos de Stuchly et al.³³ y McLean et al.³⁴ indican que efectos de un carcinógeno (DMBA) y un promotor tumoral como el TPA (12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetato) pueden verse incrementados cooperativamente por la acción de los campos. Se observó que en mamíferos el tratamiento combinado con campos de 60 Hz sinusoidales provoca depresión de la actividad de las células «natural killer» mayor que la inducida

por el TPA solo. Según los mismos autores, otros de sus resultados sugieren también una influencia de los campos con el desarrollo de leucemias. Diversos estudios refuerzan la hipótesis de una interacción CEMs-sistemas biológicos que puede afectar al desarrollo de cáncer^{29,30}.

Se ha descrito también que radiaciones ionizantes (RI) y no ionizantes de muy baja frecuencia (60 Hz) pueden actuar de forma sinérgica sobre cromosomas de linfocitos humanos de sangre periférica, provocando anomalías que no se obtienen por exposición de las células a una sola de las dos radiaciones. Para una tasa constante de radiación absorbida (0,017 Gray), una RI de 3 Gy y un campo de 60 Hz/1,4 mT provocan anomalías cromosómicas³⁵. En el año 1984, un equipo había mostrado que linfocitos periféricos de trabajadores de conmutadores de ferrocarriles, tenían una tasa de rupturas cromosómicas significativamente más alta que las células de trabajadores controles. El mismo efecto se provocaba experimentalmente por exposición de linfocitos humanos a una corriente eléctrica de 50 Hz con densidad de 1mA/cm²^{21,22}.

En su conjunto, los estudios experimentales muestran que los efectos biológicos de los CEMs dependen de su frecuencia, su forma de onda y densidad de flujo magnético en relación con la densidad del campo magnético constante ambiental, o de su asociación a un campo magnético ambiental coherente en el espacio e incoherente en el tiempo³⁶. La relevancia de estas asociaciones hacen más difícil tanto la replicación de un experimento en diferentes laborato-

rios, como la interpretación de resultados experimentales opuestos. Si se confirma que los CEMs de bajas y muy bajas frecuencias pueden actuar como promotores o co-promotores de la carcinogénesis, como hemos señalado antes, los estudios epidemiológicos deberían tomar en cuenta factores ambientales químicos, no sólo como posibles variables de confusión, sino también como posibles co-efectores de los campos en la de carcinogénesis. La complejidad del tema está, sin duda, admitida por la comunidad científica internacional. Al mismo tiempo se reconoce la necesidad de fomentar la investigación, siendo los mecanismos de actuación de los campos uno de los temas clave.

III.- LAS INTERACCIONES DE CAMPOS ELECTRICOS Y MAGNETICOS NO IONIZANTES DE MUY BAJAS FRECUENCIAS CON SISTEMAS BIOLOGICOS: POSIBLES MECANISMOS IMPLICADOS.

La investigación sobre los efectos biológicos de las radiaciones no ionizantes requiere enfoques diferentes de los empleados en el estudio de otros agentes. Por ejemplo, los compuestos químicos interaccionan directamente con receptores específicos en el organismo, provocando una respuesta que puede ser altamente específica. Hoy en día los datos innovadores en esta materia no suelen ser cuestionados desde un punto de vista teórico y se adoptan decisiones acerca del uso o manipulación de un determinado agente químico basadas en una evidencia experimental que puede ser limitada.

No ocurre lo mismo con los efectos biológicos de las RNI que se han puesto de manifiesto en numerosos estudios. En este caso, la evidencia empírica ha sido cuestionada ante la falta de un marco teórico aceptable, es decir, capaz de explicar los efectos biológicos de campos de baja energía en las múltiples condiciones en que puede ser absorbida por un organismo. Son varias las circunstancias que han venido dificultando notablemente el desarrollo y comprobación de un modelo general. Aquí citaremos algunas de ellas:

La no linealidad de la respuesta.

Aunque los principios físicos de la interacción de los CEMs con la materia inorgánica han sido establecidos hace tiempo, estos conocimientos son extremadamente difíciles de aplicar a los sistemas biológicos, dinámicos, altamente complejos y térmicamente no equilibrados. En efecto, múltiples estudios experimentales siguen revelando la existencia de «ventanas» específicas, tanto de frecuencia como de amplitud, en la respuesta de diversos sistemas a RNI. Esto, que indica la existencia de procesos no lineales implicados en la respuesta a los CEM débiles, añade un grado de complejidad importante en la identificación de los mecanismos de actuación de estos campos.

La dosimetría de los campos inducidos en el interior del sistema. Otra de las principales dificultades a abordar en este tema es la de la dosimetría de los CEM débiles. Cuando un sistema está expuesto a un CEM, los campos inducidos en su interior son diferentes de los medidos en el ambiente externo. Por ejemplo, la densidad de

corriente de un campo eléctrico de 50 Hz se ve reducida por un factor de 108 a 106 al penetrar en la piel. Un campo magnético, por el contrario, atraviesa los tejidos prácticamente sin atenuación, pero induce en ellos campos eléctricos cuya magnitud depende de la forma y propiedades eléctricas de cada tejido. Por otra parte, la membrana celular tiene una conductividad extremadamente más baja que los medios intra y extracelular. Las corrientes inducidas por campos de bajas frecuencias fluirán por su exterior, mientras que los campos eléctricos serán notablemente altos en el interior de la bicapa lipídica, y sus parámetros varían de un tipo celular a otro. Circunstancias como

las citadas hacen que la microdistribución de los campos en el interior y el exterior de las células sea difícil de determinar.

La relación señal/ruido. A pesar de las múltiples pruebas experimentales, la posibilidad teórica de efectos biológicos de campos ambientales ha sido puesta en duda por algunos autores³⁶ en base a las relaciones señal/ruido. Para responder a una señal, un sistema debe ser capaz de detectarla y diferenciarla de fluctuaciones o ruidos incoherentes, propios del medio. En el sistema molécula mensajera-receptor específico, que funciona para los agentes químicos biológicamente activos, la detección de la señal

TABLA 3

**Límites de Exposición
a Campo Magnético Estático (a, b, c)
(ICNIRP, 1994)**

	Densidad de flujo (Teslas)
Trabajadores	
• Jornada completa	200 mT
• Valor máximo	2 T
Público en general	
• Exposición continua	40 mT
- (a) Personas con un marcapaso u otros aparatos implantados activados eléctricamente, o con implantes ferromagnéticos, pueden no estar protegidas adecuadamente por estos límites. Para marcapasos: 0,5 mT; personas en las otras condiciones aquí indicadas (implantes o aparatos eléctricos) pueden ser afectadas por campos de pocos mT.	
- (b) Relojes, cartas de crédito, bandas magnéticas, discos de ordenadores etc, pueden ser averiados por exposición a 1 mT.	
- (c) Para el público en general: exposiciones especiales a más de 40 mT pueden estar permitidas en ocasiones controladas, siempre dentro del límite permitido para trabajadores.	


TABLA 4
Límites de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos de 50 y 60 Hz (IRPA/ICNIRP, 1990)

	Campo Eléctrico kV/m (rms)		Campo Magnético μT (rms)	
	1987	1990	1987	1990
Trabajadores				
Jornada laboral	10	10	5.000	500
Puntual	20-30	30 ^(a)	10.000	5.000 ^(b)
Público en general				
Día	5	5	200	100
Puntual	10	10	-	1.000 ^(b)

- (a) La duración de la exposición a campos entre 10 y 30 kV/m puede ser calculada a partir de la fórmula $t < 80/E$, siendo t la duración en horas por día de trabajo y E, la fuerza del campo eléctrico en kV/m.

- (b) Para el público, pocas horas al día; para trabajadores máximo de 2 horas por día de trabajo.

TABLA 5
Límites de Exposición a Campos Magnéticos de Muy Bajas Frecuencias (ELF) y Altas Frecuencias (RFs) (IRPA / ANSI, 1990)

ELF	Público General	Trabajadores
Día o jornada laboral	100 μT rms	500 μT rms
Puntual (a)	1.000 μT rms	5.000 μT rms
RFs		
Media SAR (b)	0,08 W/kg (c)	0,4 W/kg (c)
Puntual	2 W/kg	10 W/kg (d)

- (a) Para el público, pocas horas al día; para trabajadores máximo de 2 horas por día de trabajo.

- (b) SAR = Tasa específica de absorción.

- (c) Excepto para aparatos con una potencia radiada inferior o igual a 7W, en el rango de 450 MHz-1,5 GHz.

- (d) Valor dependiente de la frecuencia.

se debe a la presencia en el medio de mensajeros a concentraciones que no aparecen en condiciones normales. Por el contrario, para señales electromagnéticas la determinación de los mecanismos responsables de su detección resulta mucho más compleja, dado que los organismos poseen campos eléctricos y magnéticos propios, o están sometidos a distintos tipos de campos naturales variables en el tiempo. En efecto, a través de los tejidos pueden detectarse campos instantáneos originados por el movimiento del organismo dentro del campo geomagnético y por descargas estáticas. También existen campos eléctricos debidos al funcionamiento del sistema nervioso, del corazón y de los músculos, y ruido térmico o fluctuaciones eléctricas generadas por el movimiento al azar de partículas en el medio. Las magnitudes de estos campos son a menudo iguales o mayores que las inducidas por exposiciones normales a campos ambientales de 50 ó 60 Hz, por ejemplo. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre el ruido eléctrico/magnético intrínseco y las exposiciones a CEM débiles que pudiera justificar la efectividad biológica de estos últimos. El ruido se da al azar en el tiempo, por lo que puede resultar incoherente para los sistemas biológicos. Por el contrario, los CEM tienen una frecuencia determinada y el sistema puede estar expuesto a ellos periodos de tiempo prolongados, con lo que en determinadas condiciones los campos pudieran inducir respuestas en el sistema. Además, en muchas ocasiones, la exposición a estos campos se da en ciclos intermitentes, de forma que, si el proceso de conmutación on/off es rápi-

do, puede generar campos transitorios complejos, con picos de alta frecuencia y de altas intensidades, sin equivalentes en el sistema no expuesto.

MECANISMOS

En este apartado describiremos sucintamente algunas de las hipótesis, actualmente en estudio, que han sido propuestas para explicar cómo los sistemas biológicos pueden verse afectados por las RNI. En general, los modelos a que nos referiremos han sido desarrollados sobre la idea de la posible acción biológica de los campos débiles ELF.

Al contrario que las radiaciones ionizantes, las RNI ambientales son incapaces de provocar roturas iónicas. Aunque en determinadas condiciones los campos eléctricos inducidos por RNI de altas frecuencias pueden generar potenciales de acción en células excitables eléctricamente, en la mayoría de los casos las radiaciones de muy bajas frecuencias generan cantidades de energía demasiado débiles para provocar tales efectos. Por ello se ha sugerido que estos campos podrían actuar como señales de control, modificando de forma importante la amplitud o la frecuencia de un proceso oscilatorio fisiológico³⁸, o alterando la tasa de una reacción química^{36,39,40}.

Mecanismos de concentración temporal de señales. Si un «detector biológico» es capaz de responder en un ancho de banda de 10 Hz y puede integrar las señales de periodos de tres o más horas, se calcula que señales de aproximadamente 1,0 mV/m podrían detectarse por encima del nivel de ruido. Este valor de campo correspondería al

inducido en el cuerpo humano por un campo magnético sinusoidal de 50 Hz y 4 microteslas, nivel de campo que se pueden encontrar en muchos ambientes laborales y domésticos. M. Blank⁴¹ ha indicado que la integración de la señal podría tener lugar a través de cambios en el potencial de membrana capaces de afectar procesos de señalización celular y de transporte de iones.

Mecanismos de concentración espacial. En muchos tejidos, las células están interconectadas a través de uniones en hendidura, «gap-junctions», que permiten el paso de corrientes eléctricas. Esto puede dar lugar a incrementos significativos de campo en puntos determinados de la membrana celular⁴². Algunos «gap-junctions» muestran propiedades eléctricas de apertura que son no lineales, lo que puede justificar una importante sensibilidad celular a señales débiles⁴³. Conviene mencionar aquí que la interrupción de la comunicación intercelular a través de los «gap-junctions» está implicada en la promoción tumoral de ciertos cánceres⁴⁴, y que se ha observado que CEM de 50 Hz pueden bloquear parcialmente la comunicación intercelular en cultivos de fibroblastos normales⁴⁵.

Mecanismos de resonancia

(1) Resonancia de ciclotrón. Diversos trabajos sugieren que el campo geomagnético, de entre 30 y 70 μ T, puede ejercer una influencia esencial en la respuesta a RNI ambientales de muy bajas frecuencias. Los resultados de algunos de estos estudios son explicables, e incluso predecibles, dentro del ámbito conceptual de la resonancia de ciclotrón⁴⁶. El movimiento orbital de una partícula cargada

(una molécula o un ión) biológicamente relevante, en el seno de un campo magnético constante podría ser amplificado y/o alterado significativamente por la presencia de un campo eléctrico variable de la frecuencia y amplitud adecuadas⁴⁷. Sin embargo, Durney et al.⁴⁸ y Sandweiss⁴⁹ han cuestionado este modelo en base a cálculos que indican que, dependiendo de la viscosidad del medio y de las colisiones térmicas, podría limitarse notablemente el desplazamiento de la partícula cargada.

(2) Resonancia iónica paramétrica (IPR). Según las predicciones de este otro modelo, fundamentado en las hipótesis de Lednev^{50,51}, una unión débil entre un ión y una proteína, por ejemplo, Ca⁺⁺ y calmodulina, constituiría un oscilador cargado que vibra a frecuencias infrarrojas y es excitado térmicamente. Un campo constante, como el geomagnético, provocaría una división Zeeman de cada nivel vibracional en dos niveles separados por la frecuencia de ciclotrón del ión. Si en estas condiciones se aplica al sistema un campo variable de frecuencia y amplitud adecuadas, la frecuencia de modulación resultante cambiaría la probabilidad de transición del ión desde un nivel excitado a otro basal. Esta teoría, y sus posteriores extensiones⁵² son consecuentes con las observaciones de ventanas de efectos recogidas en la literatura. Tales modelos aceptan fácilmente su comprobación cuantitativa, ya que predicen tanto las frecuencias como las amplitudes relativas de campo alterno/constante a las que deberían observarse respuestas biológicas. Al igual que para el modelo de resonancia de ciclotrón, diversos estudios han reportado resultados que se



ajustan con mayor o menor grado de fidelidad a las predicciones del modelo IPR⁵³.

Posible acción sobre materiales ferromagnéticos biológicos.

Se ha descrito la presencia de pequeños cristales (50 nm) de magnetita (Fe₃O₄) en el sistema nervioso central de un gran número de animales. También se han encontrado estas partículas en cerebro humano y en células cancerosas humanas⁵⁴. Debido a su elevado momento magnético, los cristales de magnetita tienden a orientarse con respecto al campo geomagnético. Campos de bajas frecuencias y amplitudes en el rango del microtesla podrían provocar en los cristales de magnetita vibraciones generalizadas más intensas que el ruido térmico^{55,56}. Se ha sugerido que dichas vibraciones serían capaces de afectar al funcionamiento de canales iónicos transmembranales en células cuya membrana presenta densidades particularmente altas de magnetita⁵⁷.

Es evidente que, en el estado actual de nuestros conocimientos, se necesita urgentemente una base teórica capaz de explicar las interacciones biológicas de las RNI débiles. Sin dicha base resultaría muy difícil predecir las condiciones en que los campos pueden ser biológicamente activos, tanto en el laboratorio o la clínica como en el medio ambiente. A pesar del esfuerzo que se está realizando en tal sentido, la biología y la biofísica se encuentran todavía en los primeros estadios de la investigación acerca de la forma en que los organismos emplean campos eléc-

tricos endógenos para el control y el desarrollo del crecimiento. La gran complejidad eléctrica de los sistemas biológicos, junto con su falta de linealidad y equilibrio, hace poco útiles las generalizaciones hechas a partir de principios básicos de la teoría física de campos.

Las hipótesis que hemos descrito brevemente en este artículo han puesto de relieve diversos subsistemas biológicos supuestamente capaces de responder a campos generados por la exposición a RNI débiles. Estos modelos, que predicen condiciones específicas de sensibilidad de los sistemas a la exposición electromagnética, están en fase de comprobación experimental. Esta labor requiere condiciones de estricto control de la dosimetría y de mínima contaminación electromagnética ambiental. Las investigaciones deben ir dirigidas fundamentalmente a la identificación y demostración de efectos en sistemas de máxima simplicidad y sensibilidad, que sean fácilmente reproducibles en diversos laboratorios y que puedan ser empleados para ensayar las predicciones de los diferentes modelos. Paralelamente, se deben seguir estudiando la respuesta de los organismos, incluidos los humanos, a exposiciones electromagnéticas.

Es previsible que, de tener éxito, estas investigaciones establecerán las bases para el desarrollo de una poderosa herramienta del conocimiento, que abriría las puertas a enfoques revolucionarios de la física y la biología y que desplegaría un abanico de posibles aplicaciones biomédicas cuyo alcance tan sólo empezamos a adivinar.

IV.- DATOS SOBRE EFECTOS NO TERMICOS DE LAS RNI DEL RANGO DE RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS

Las aplicaciones terapéuticas de las RNI de altas frecuencias han propiciado también el desarrollo de estudios experimentales sobre las interacciones de radiofrecuencias (RFs) y microondas (MW) con los sistemas biológicos. Hoy en día se consideran ambos rangos de frecuencias como uno sólo, entre 10 KHz y 300 GHz, denominado RFs en general (Fig. 1).

Estas radiaciones se clasifican, según su frecuencia, por los mecanismos predominantes de absorción de la energía. Su distribución en el medio ambiente no es uniforme y tampoco lo es la cantidad de energía depositada en los diferentes tejidos de un organismo expuesto.

Para frecuencias entre 0.1 y 300 MHz las radiaciones provocan en ciertas zonas del cuerpo (muñecas y rodillas por ejemplo), efectos térmicos, pero sobre todo provocan estimulación de tejidos excitables (nervios, músculos) por inducción de corrientes. A frecuencias superiores a 30 MHz, el cuerpo se comporta como una antena, siendo la cabeza una de las zonas de mayor absorción (cerebro y ojos). La máxima absorción parece producirse a 40 MHz por un mecanismo de resonancia dimensional. A esta frecuencia, se ha comprobado que se pueden generar corrientes con valores máximos de 243 W/kg («hot-spots»).

A 4 W/kg y valores inferiores a esta tasa de absorción específica (specific absorption rate, SAR), las radiaciones no

provocan efectos térmicos, es decir, que pueden provocar incrementos de temperatura, pero inferiores a 1°C. Estudios experimentales han descrito efectos no térmicos observados para SAR de 1-4 W/kg. Podemos citar estudios experimentales en mamíferos sobre radiaciones de 915 MHz, continuas o moduladas a 8, 16, 50 y 200 Hz, con SAR entre 0.33 y 3.3 W/kg, es decir microondas sin efecto térmico. Tanto continuas como moduladas, estas RNI provocan un incremento significativo de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica, por ejemplo para la albúmina 58. Estos efectos, al igual que otros, deben ser confirmados y los mecanismos implicados y condiciones en que se produce la respuesta, identificados. De corroborarse los datos, estos campos podrían tener importantes aplicaciones en terapias para el tejido nervioso cerebral, pero también revelarían la necesidad de tomar ciertas precauciones en casos de exposiciones no controladas.

Se están estudiando los posibles efectos de las radiaciones en el rango de las RFs, a tasas de absorción específica no térmicas, por su interés como productos del desarrollo tecnológico y por su creciente distribución en el ambiente. Uno de los temas preferenciales, como hemos señalado anteriormente, es el estudio experimental y la dosimetría sobre seudotejidos artificiales de los efectos de campos de 800 a 900 MHz, modulados a muy bajas frecuencias (pulsos) o no modulados, sobre el tejido nervioso. Sin embargo, la mayoría de los efectos biológicos observados ante exposición aguda a RFs, corresponden a SAR > a 4 W/kg, es decir, en general, son inducidos por hipertermia (Allen S. G et al, 1991).

V.- NORMATIVAS IRPA E ICNIRP SOBRE NIVELES DE EXPOSICION PERMITIDOS.

Presentaremos aquí normativas de exposiciones permitidas consideradas de mayor interés por aplicarse a exposiciones ambientales residenciales y laborales.

En las normativas se considera que la exposición pública es decir, la exposición de la población en general, se produce en un medio ambiental no controlado. La población está formada por personas de todas las edades y con diferentes estados de salud. Esto obliga a proponer precauciones mayores que las que se aconsejan para la población de trabajadores en su medio ambiente laboral. La exposición laboral tiene lugar para adultos, y se considera controlada por las propias condiciones del trabajo. Esta exposición está limitada a la duración del horario de trabajo, a lo largo de los años de actividad laboral.

Campos magnéticos constantes.

Las normativas de la ICNIRP de 1994 para CMs estáticos se han considerado necesarias para condiciones muy especiales de exposición del público. Tal es el caso de la Resonancia Magnética Nuclear, (CM constante de 0,15 - 2 Teslas, durante en general 30 minutos). Se han considerado necesarias también para ciertos trabajos, como por ejemplo, los de producción de aluminio y de la manufacturación de imanes y de materiales magnéticos. Según los comités de la IRPA y de la ICNIRP que han participado en la preparación de las normativas, los datos científicos actuales no sugieren efecto nocivo sobre características fisio-

lógicas de mayor importancia en organismos superiores para exposición transitoria a CMs con densidades de hasta 2 Teslas. La Normativa se presenta en la Tabla 3.

Campos de 50/60 Hz. Las normativas de la IRPA/INIRC (1990) presentadas en la Tabla 4 son todavía vigentes y tienen dos objetivos. Según M. Repacholi⁵⁹, se trata: (1) de que «campos eléctricos y magnéticos de 50/60 Hz, induzcan densidades de corrientes del mismo orden que los campos endógenos del cuerpo humano» (densidad de corriente umbral para estimulación de potenciales de acción en células excitables: 1 A/m²; nivel medio de corrientes endógenas: 10mA/m²); y (2) «de limitar la exposición a los niveles encontrados actualmente en el medio ambiente laboral y residencial.» Sin embargo, de acuerdo con Repacholi, los resultados de diversos estudios apoyan la hipótesis de una asociación entre cáncer y exposición a campos residenciales o laborales de 50/60 Hz, hipótesis que debe ser estudiada. Esta consideración cuenta con amplio apoyo en la comunidad científica internacional, que aboga por la idea de que nuevos resultados, tanto experimentales como epidemiológicos deben permitir ajustar las normativas.

Campos en el rango de Radiofrecuencias (10 kHz - 300 GHz). Como se indica en la Tabla 5, el límite de exposición permitido para el público, es de 0,08 W/kg con valor de pico de 2 W/kg. Se ha propuesto una revisión con máxima de pico de 1,6 W/kg a causa de las RFs propias de los teléfonos celulares. Se menciona en la Tabla 5 que los valores de SAR permitidos dependen de la



frecuencia de la radiación. Esto se debe a que incrementando la frecuencia de la radiación, disminuye la capacidad de su absorción por los tejidos (ver la revista Radioprotección, nº 8, vol. III, 1995; pp. 62-63). Las normativas excluyen los aparatos con potencia radiada inferior a 7 W, en el rango de frecuencia entre 450 MHz y 1,5 GHz, considerando que la energía absorbida desde la emitida por estos aparatos no puede provocar hipertermia. Sin embargo, como indica el Profesor Martino Grandolfo (comunicación personal) «estudios recientes han mostrado, por el contrario, la posibilidad de una absorción de energía muy alta. Por ejemplo, en el caso de un emisor-receptor por radio de 7 W (100% de su ciclo) con la antena a 2 cm del cuerpo, un SAR local en la cabeza de 74 W/kg a 900 MHz o de 86 W/kg a 1,9 GHz puede producirse. [...] Como el SAR en la cabeza depende de la potencia radiada, de la frecuencia, del diseño de la antena y de su posición relativa al cuerpo, y del modo de operación, es recomendable evaluar los SAR para cada tipo de aparato en las peores condiciones de exposición. También es necesaria más investigación, especialmente sobre la distribución de energía en los órganos y sobre los posibles efectos a largo plazo».

En el rango de RFs y Microondas también, los futuros datos científicos permitirán adaptarnos a un uso más amplio de estas radiaciones.

CONCLUSIONES

Hemos señalado algunos aspectos de los efectos biológicos de RNI que mayor atención pueden generar. Dichos aspectos

incluyen: (1) los posibles efectos de exposiciones crónicas del organismo humano en el medio residencial o laboral; (2) los diferentes mecanismos de actuación de los campos de muy bajas frecuencias y densidades, actualmente en estudio, que podrían explicar los efectos biológicos observados tanto en organismos como a nivel celular; (3) algunos efectos no térmicos de las RFs y (4) las normativas propuestas por el IRPA y la ICNIRP para las RNI ambientales más frecuentes.

Muchos otros temas como los efectos biológicos de los campos constantes, las aplicaciones terapéuticas de las RNI de bajas y altas frecuencias, especialmente la radiación láser, el análisis de la luz solar visible etc., son temas que tendremos también que discutir y tratar en profundidad durante la jornada científica que la SEPR ha decidido organizar. Este encuentro debería promover la discusión y el intercambio de información entre médicos, físicos, biólogos e ingenieros expertos en la materia. También servirá esta jornada para contactar con los grupos españoles integrados en el programa europeo Cost 244 de la DG XIII y reforzar las cooperaciones. Este tipo de intercambio, que es constante en los países de nuestro entorno, no han tenido todavía su equivalente en España. La iniciativa de la SEPR constituye un primer paso en el intento de que nuestro país intervenga en el desarrollo de una rama de la biomedicina y biofísica cuyos potenciales intereses biomédicos en Medicina Preventiva, en I+D y en transferencias de tecnología, están reconocidos como temas prioritarios de la Comunidad Europea.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Wertheimer N. and E. Leeper (1979). *Am. J. Epidemiol.*, 109, 273.
- 2 Wertheimer N. et al. (1995). *Bioelectromagnetics*, 16, 86.
- 3 Szmigielski S. (1993). *Bioelectrochem. Bioenergetics*, 30, 253.
- 4 Feychting M. and A. Ahlbom (1993). *Am. J. Epidemiol.*, 138, 467.
- 5 Floderus B. (1993b). *Proceedings of Cost 244 Meetings*, 23.
- 6 Mack W. et al. (1991). *Bioelectromagnetics*, 12, 57.
- 7 Floderus B. et al. (1993a). *Cancer Causes Control*, 4, 465.
- 8 Coleman M. and V. Beral (1988). *Am. J. Epidemiol.*, 17, 1.
- 9 Demers P.A. et al. (1991). *Am. J. Epidemiol.*, 134, 340.
- 10 Floderus B. et al. (1992). *PM Edit. Nat. Inst. Occupat. Health, Sweden*.
- 11 Guenel P. et al. (1993). *British J. Indust. Med.*, 50, 758.
- 12 Theriault G. et al. (1994). *Am. J. Epidemiol.*, 139, 550.
- 13 Armstrong B. et al (1994). *Am. J. Epidemiol.*, 140, 805.
- 14 Savitz D.A. and D.P. Loomis (1995). *Am. J. Epidemiol.*, 141, 123.
- 15 Adey W.R. (1981). *Physiol. Rev.*, 61, 435.
- 16 Emilia G. et al. (1985). *J. Bioelect.*, 4, 145.
- 17 Mikhail E.L. and W.Z. Fam (1993). In: *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*. M. Blank, Ed., 389.
- 18 Mikorey-Lechner S. et al. (1993). In: *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*. M. Blank, Ed., 382.
- 19 West R.W. et al. (1994). *Bioelectrochem. Bioenergetics*, 34, 39.

- 20 Liboff A.R. et al (1993). In: Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. M. Blank, Ed., 623.
- 21 Nordenson et al. (1984). *Radiat. Environ. Biophys.*, 23, 191.
- 22 Nordenson et al. (1988). *Radiat. Environ. Biophys.*, 27, 39.
- 23 Cohen M.M. et al. (1986). *Bioelectromagnetics*, 7, 415.
- 24 Cohen M.M. et al. (1986). *Mutat. Res.*, 172, 177.
- 25 Khalil A.M. and W. Qassem (1991). *Mutat. Res.*, 247, 141.
- 26 Liburdy et al. (1993). *J. Pineal Res.*, 14, 89.
- 27 Byus C.V. et al. (1987). *Carcinogenesis*, 8, 1385.
- 28 Byus C.V. et al. (1988). *Cancer Res.*, 48, 4.222.
- 29 Adey W.R. (1988). *Neurochem. Res.*, 13, 671.
- 30 Adey W.R. (1990). In: *Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer*. Wilson et al. Ed., 211.
- 31 Blackman C.F. et al. (1985). *Bioelectromagnetics*, 6, 1.
- 32 Blackman C.F. et al. (1985). *Bioelectromagnetics*, 6, 327.
- 33 Stuchly M.A. et al. (1991). *Bioelectromagnetics*, 12, 261.
- 34 McLean J.R.N. et al. (1991). *Bioelectromagnetics*, 12, 273.
- 35 Hintenlang D.E. (1993). *Bioelectromagnetics*, 14, 545.
- 36 Litovitz T.A. et al. (1994). *Bioelectromagnetics*, 15, 399.
- 37 Adair R.K. (1991). *Phys. Rev. A.*, 43, 1039.
- 38 Eichwald C. and F. Kaiser (1993). *Biophys. J.*, 65, 20
- 39 Astumian R.D. and B. Robertson (1993). *J. Am. Chem. Soc.*, 115, 24, 11063.
- 40 Litovitz T.A. et al. (1990). *Bioelectromagnetics*, 11, 297.
- 41 Blank M. (1987). In: Blank, M.; Findl, E., Eds. *Mechanistic approaches to interactions of electric and electromagnetic fields with living systems*. New York, NY: Plenum Publishing Corp.
- 42 Polk C. (1992). *Bioelectromagnetics*, S7, 205.
- 43 Gailey, P.C. (1994). *Biophys. J.*, 66, 2, A259.
- 44 Menhta P.P. et al. (1991). *J. Membrane Biol.*, 124, 207.
- 45 Ubeda A. et al. (1994). *Proceedings of the 16th BEMS Meeting, Copenhagen, Denmark* (sent for publication in *Carcinogenesis*).
- 46 Smith S.D. et al. (1987). *Bioelectromagnetics*, 8, 215.
- 47 Liboff A.R. (1985). In: *Interaction Between Electromagnetic Fields and Cells*. A. Chia-brera, C. Nicolini and H.P. Schwan, Eds., Plenum Press, New York.
- 48 Durney C.H. et al. (1988). *Bioelectromagnetics*, 9, 315.
- 49 Sandweiss J. (1990). *Bioelectromagnetics*, 11, 203.
- 50 Lednev V.V. (1991). *Bioelectromagnetics*, 12, 71.
- 51 Lednev V.V. (1993). In: Blank, M., Ed. *Electricity and magnetism in biology and medicine*. San Francisco: San Francisco Press; 550.
- 52 Blanchard J.P. and C.F. Blackman (1994). *Bioelectromagnetics* 15, 217.
- 53 Blackman C.F. et al. (1994). *Bioelectromagnetics* 15, 239.
- 54 Kirschvink J.L. (1992). *Phys. Rev. A*. 46, 4, 2178.
- 55 Adair R.K. (1993). *Bioelectromagnetics*, 14, 1
- 56 Polk C. (1994). *Bioelectromagnetics* 15, 261.
- 57 Kirschvink J.L. et al. (1992). *Bioelectromagnetics Supplement*, 1, 101.
- 58 Salford L.G. et al. (1993). *Bioelectrochem. Bioenergetics*, 30, 293.
- 59 Repacholi M.H. (1990). *Australasian Phys. and Engin.*, 13, 4.





Reproducimos a continuación la «Resolución sobre la lucha contra los efectos nocivos provocados por las Radiaciones No Ionizantes» aprobada por el Parlamento Europeo el 5 de Mayo de 1995.

PARLAMENTO EUROPEO

5 de mayo, 1994

ANTE LA UNION EUROPEA

5. Radiaciones no ionizantes

A3-0238/94

Resolución sobre la lucha contra los efectos nocivos provocados por las radiaciones no ionizantes.

El Parlamento Europeo,

- Vista la propuesta de resolución presentada por los diputados Santos, Varnier y Pimenta sobre la lucha contra los efectos nocivos provocados por las radiaciones no ionizantes (B3-0280/92),
- Visto el artículo 45 de su Reglamento,
- Visto el informe de la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Protección del Consumidor (A3-0238/94) y la opinión de la Comisión de Energía, Investigación y Tecnología,

- A.** Considerando el incremento significativo en el medio ambiente de la densidad de potencia de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en los diferentes ámbitos de frecuencias, relacionado con el desarrollo tecnológico de los últimos decenios,
- B.** Considerando el principio de cautela contemplado en el artículo 130 R del Tratado de la Unión Europea, así como el principio ALARA, de acuerdo con el cual es necesario, en este caso, intentar optimizar la exposición a las radiaciones electromagnéticas,
- C.** Considerando que la exposición a los campos electromagnéticos creados por las líneas de alta tensión y baja frecuencia y por los aparatos electrodomésticos atrae la atención de la opinión pública puesto que se sospecha que provocan un incremento de los casos de cáncer,
- E.** Considerando que la interpretación de los resultados de los estudios epidemiológicos constituye una ardua tarea y que la inferencia de la relación de causa a efecto exige un enorme conjunto de pruebas científicas, sobre todo porque la presencia de numerosos factores sinérgicos y perturbadores hace más aleatorios los resultados,
- F.** Considerando que deben estudiarse fenómenos de sinergia entre las radiaciones no ionizantes y otros agentes físicos o químicos,

- G.** Considerando que el uso de aparatos electrodomésticos, pantallas de visualización y equipos de comunicación conlleva una exposición a campos electromagnéticos sin que, a menudo, el usuario tenga conciencia de ello,
- H.** Considerando que la dificultad de hacer evidente una relación dosis-efecto que permita cuantificar los efectos de los campos electromagnéticos no ionizantes no impide tomar medidas legislativas cuyo objetivo sea establecer un sistema de limitación de la exposición de los trabajadores y del público que tome en consideración las posibilidades que ofrece el tratamiento del problema en su origen y el recurso a la generación de energía descentralizada,
- I.** Considerando que es difícil establecer una relación entre dosis y efecto para cuantificar los efectos de los campos electromagnéticos no ionizantes,
- 1.** Pide a la Comisión que proponga, para las diferentes tecnologías generadoras de campos electromagnéticos, medidas que incluyan reglamentaciones y normas y que tengan como objetivo limitar la exposición de los trabajadores y del público en general a las radiaciones electromagnéticas no ionizantes, teniendo en cuenta los resultados científicos actuales;
 - 2.** Pide, en particular, en lo que se refiere a las pantallas de visualización, que se incluya la aplicación de las normas en vigor en Suecia en la Directiva 90/270/CEE del Consejo relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización;
 - 3.** Pide a la Comisión que presente un resumen y una evaluación de las acciones de investigación actualmente en curso o ya realizadas en los Estados miembros y otros países industrializados sobre los diferentes tipos de campos electromagnéticos producidos por las diferentes tecnologías así como los efectos que dichos campos tienen para la salud humana;
 - 4.** Pide que se programen, si procede, nuevas acciones comunitarias de investigación acerca de las repercusiones de campos electromagnéticos no ionizantes sobre la salud con el fin de estudiar epidemiológicamente y a escala comunitaria los mecanismos de actuación de los campos electromagnéticos sobre los seres vivos;
 - 5.** Considera que, por lo que se refiere a las líneas de transporte de electricidad de alta tensión, deben aconsejarse pasillos dentro de los que quedará excluida cualquier actividad permanente y, con mayor razón, cualquier vivienda;
 - 6.** Considera que las autoridades de los Estados miembros afectados deben supeditar cualquier proyecto de implantación de nuevas líneas de transporte o de nuevas subestaciones de transformación a un estudio de impacto medioambiental, y solicita a la Comisión que prevea dicha obligación en su próxima propuesta de modificación de la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente;
 - 7.** Pide a la Comisión que presente un proyecto de modificación de la Directiva 92/75/CEE relativa a la indicación del consumo de energía y de otros recursos de los aparatos domésticos, por medio del etiquetado y de una información uniforme sobre los productos, con objeto de incluir la obligación de informar al consumidor sobre los campos generados por los aparatos electrodomésticos en función de la distancia y del tipo de utilización;



8. Pide al Consejo que formule recomendaciones a los Estados miembros para que prevean, en las regiones atravesadas por las líneas de alta tensión, medidas de prevención e información, así como sistemas de indemnización y expropiación en favor de las poblaciones afectadas;
9. Pide a la Comisión que proponga un sistema armonizado de medición y de cálculo de los campos electromagnéticos y de las densidades de potencia en las viviendas y en los lugares de trabajo, con objeto de controlar mejor la exposición de las personas en general y de los trabajadores;
10. Pide que se establezca un programa específico de investigación sobre los efectos de los campos electromagnéticos no ionizantes en la salud, con objeto de que puedan realizarse estudios epidemiológicos a nivel comunitario, estudios in vivo e in vitro en el marco de una colaboración europea e investigaciones sobre los mecanismos de acción de los campos electromagnéticos en los seres vivos;
11. Encarga a su Presidente que transmita la presente resolución a la Comisión, al Consejo y a los Gobiernos de los Estados miembros.

FALLECIMIENTO

Comunicamos con pesar el fallecimiento de nuestro amigo y socio José Antonio de la Cerda.

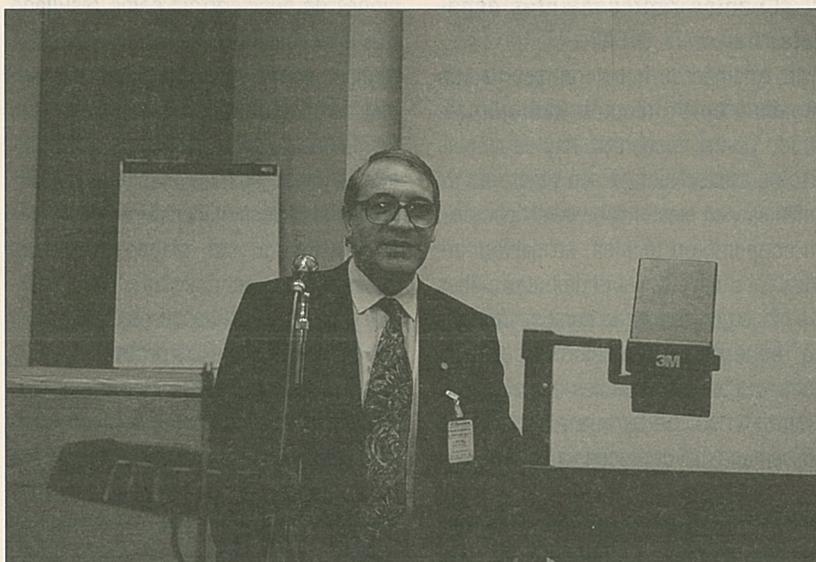
Entrevista a Pedro Ortiz, miembro del Comité 3 del ICRP y responsable de la protección radiológica para las aplicaciones médicas en la OIEA

SE PUEDE REDUCIR DRÁSTICAMENTE LA PROBABILIDAD DE ACCIDENTES APLICANDO LAS LECCIONES APRENDIDAS

P El Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA) no tiene una capacidad reguladora pero sí la capacidad de promover consensos técnicos y divulgar la información para que todo el mundo la conozca y la aplique. ¿Cuál es la relación entre OIEA e ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)?

R: Pongamos en perspectiva las tres organizaciones internacionales siguientes: el UNSCEAR (Comité científico de las Naciones Unidas para los efectos de las radiaciones atómicas) recopila toda la información disponible sobre los efectos biológicos y las dosis de radiación que los han producido. La ICRP a vista de esta información elabora los principios de protección y recomendaciones tanto de carácter general como específico. El OIEA elabora normas de seguridad en colaboración con otras organizaciones, principalmente de Naciones Unidas para utilizar las radiaciones con seguridad, que van complementadas con guías para su aplicación.

Si bien las normas no son vinculantes, el hecho de que estén elaboradas en colaboración con todos los estados miembros y la obligatoriedad de que estas normas se cumplan en el marco de todo programa de cooperación técnica, hace que su implantación práctica sea muy extendida.



P. Las directivas de la UE ¿no deberían partir también de las normas básicas y no de las recomendaciones de la ICRP? ¿No se produce, en la práctica, alguna diferencia entre los requerimientos de la OIEA y aquéllas?

R: El OIEA es un organismo de la ONU que se debe a los estados que lo sostienen, entre los cuales están los de la UE. Lógicamente no debería haber diferencias entre las directivas europeas y los requerimientos de la OIEA y, de hecho, no las hay en su filosofía y en su carácter esencial, aunque sí existen diferencias temporales, de carácter circunstancial. Esto se debe a la mayor o menor rapidez en la aprobación de las normas por parte de unas organizaciones u otras, pero son diferencias

más aparentes que reales y nunca esenciales.

P. ¿Se aprecian bloques de opinión dentro de la OIEA?

R: En los principios básicos de protección radiológica está todo el mundo de acuerdo. Existen algunas diferencias entre países en algunas situaciones practicadas debido a que las condiciones que reinan en éstos pueden ser algo diferentes. Por ejemplo, las restricciones de dosis (dose constraints), o la cantidad de material radiactivo con la que se da el alta a un paciente de un hospital pueden ser más o menos restrictivas según las condiciones de cada país. Esto no es otra cosa que el resultado de aplicar los mismos criterios a distintas realidades que incluyen otras variables. No obstante



también en esto se ha logrado un amplio consenso en todos los estados miembros al elaborar las Normas básicas de seguridad para la protección radiológica y para la seguridad de las fuentes de radiación.

P: ¿Cuántos representantes españoles hay en la OIEA?

R: Además de haber representación española en Protección Radiológica, donde yo me encuentro, hay españoles en Seguridad Nuclear -en reactores de potencia y en reactores de investigación-, en cooperación técnica, en salvaguardias, en el departamento de traducciones y en la organización de cursos. Aunque no recuerdo el dato exacto sobre el número total de españoles en este organismo, sí es cierto que otros países poseen una mayor presencia.

P: Una vez que cesa un miembro en el OIEA, ¿es sustituido por otro miembro de su propio país?

R: En principio, el puesto que se ha quedado vacante no tiene que ocuparse necesariamente por otra persona del mismo país. La plaza se saca a concurso y los criterios de selección son, ante todo, profesionales, por lo que puede ser ocupada por un miembro de otra nacionalidad. Aunque sí se observa que el reparto geográfico no se desequilibra excesivamente. Y si los españoles estuvieran en minoría la probabilidad de que entrara otro español sería algo mayor.

P: Respecto a las críticas que ha obtenido la ICRP sobre los límites de dosis, ¿se pueden haber producido por una cuestión económica? ¿Hay países para los que rebajar las dosis suponga un coste muy alto?

R: El hecho objetivo es que las revisiones de la relación dosis/efecto hechas en los últimos quince años, sobre a) el número de nuevos casos, principalmente entre los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki, y b) de mejora en las estimaciones de dosis, arroja como resultado que la probabilidad de los efectos estocásticos es más alta que la que se asumía con anterioridad. Esto se refleja en los límites de dosis efectiva, cuyo cometido es limitar dicha probabilidad, basándose en la aceptabilidad de un detrimento similar al de otras industrias consideradas como seguras. Sin embargo, también es un hecho objetivo que el conocimiento sobre las probabilidades a dosis bajas está basado en extrapolaciones hacia abajo de datos epidemiológicos a dosis por encima de 0,2 Gy. Es esa incertidumbre la que los hace susceptibles de recibir opiniones. En la mayoría de los casos prácticos, las dosis están muy por debajo de los límites y éstos no deberían representar ningún problema añadido pero comprendo que hay algunas áreas en las que el cambio de límites plantea un problema nuevo.

P: ¿Hay mucha gente trabajando en esa línea?

R: Aunque la secretaría del UNSCEAR es pequeña, todos los años reúne a representantes de todos sus Estados Miembros y al elaborar cada una de sus publicaciones periódicas revisa varios miles de publicaciones. Por lo tanto, el resultado es el de muchos investigadores sobre dicho tema.

P: En los foros en los que aparece el tema de las dosis bajas, todos los expertos coinciden en afirmar que es donde hay mayor descono-

cimiento. ¿Qué pasa cuando alguien recibe durante mucho tiempo dosis bajas?

R: Lo que plantea la pregunta es el problema de las dosis crónicas a baja tasa de dosis. La controversia a la que apunta dicha pregunta está relacionada con la incertidumbre en el valor de DDREF (factor de eficiencia a dosis y tasas de dosis bajas). Creo que el valor de 2, recomendado por la ICRP es el más equilibrado en este momento, con el estado actual de conocimiento, teniendo en cuenta todas las fuentes de información, su evolución en los últimos años y su tendencia.

P: De todos los aspectos que cubre la Protección Radiológica ¿cuáles son los más deficientes?. Aparte del tema de protección al paciente, que está bastante tratado, ¿no está la industria más abandonada?

R: Algunas actividades industriales, sobre todo la gammagrafía industrial, requiere una especial atención, no por estar desatendida sino por lo problemático que resulta garantizar la seguridad en el trabajo a pie de obra.

Varios países están intensificando esfuerzos sobre el problema de inspeccionar adecuadamente las fuentes móviles, sobre todo aquéllas que se desplazan continuamente de un sitio a otro. En 1995, en la unidad del OIEA que se halla bajo mi responsabilidad, se inicia un estudio de incidentes y accidentes y la elaboración de una guía con las lecciones aprendidas de los mismos. Me consta que el Consejo de Seguridad Nuclear español está trabajando intensamente en esta área y ha indicado que va a participar en las reuniones del OIEA con una persona especializada en la evaluación de estos problemas.

Este programa de revisión de accidentes es similar al que estamos llevando a cabo en relación con radioterapia e irradiadores industriales que junto con la radiografía industrial son las de mayor importancia en relación con posibles accidentes: 1) el número de accidentes con irradiadores industriales no es muy elevado pero sus consecuencias han demostrado ser mortales si alguien penetra en la sala de radiación por los intensos campos de radiación en su interior. 2) El número de sobreexposiciones en radiografía industrial es el más elevado con mucha diferencia, debido a que la seguridad intrínseca en las unidades móviles es menor y es muy dependiente de errores humanos en condiciones de exposición muy diversas. 3) Radioterapia es un caso muy especial, ya que es la única aplicación de radiaciones en que las personas han de exponerse intencionadamente a muy altas dosis en haces de radiación directa o con fuentes de radiación incorporadas; por tanto cualquier error repercute directamente en ellos y las consecuencias pueden ser severas.

Por último, están los accidentes con fuentes abandonadas como las custodiadas (falta de seguimiento en el cese de instalaciones, por ejemplo, o el movimiento ilegal de fuentes, como el caso del accidente de Estonia) y las fuentes

que pueden acabar en una chatarrería y después pasar a una fundición. Un significativo número de casos de este tipo ha sido recogido por el Institute of Scrap Recycling Industries Inc. de EEUU, e incluso se ha realizado una cinta de vídeo que está traducida al español.

Estas son las áreas principales en las que estamos trabajando, desde el punto de vista de accidentes. Quedan las sobreexposiciones e incluso efectos deterministas en radiología intervencionista, que como las dosis relativamente elevadas pueden predecirse casi con certeza, no parece que puedan considerarse accidentes (exposiciones potenciales) sino más bien un problema de optimización, aunque ciertamente difícil y complicado. También me consta que en España se está haciendo una significativa aportación en este sentido.

P: ¿Cuál es el estado de la protección radiológica en la investigación con los trazadores radiactivos?

R: La propia naturaleza de la investigación hace más difícil establecer procedimientos estándar porque cada día se abren nuevas líneas de investigación utilizando nuevos compuestos químicos o bioquímicos marcados con radioisótopos. Salvo experimentos con

mamíferos grandes, considero que las cantidades que se utilizan son relativamente bajas. Los accidentes que puedan ocurrir con ellos tienen poca trascendencia al público, incluso en caso de incendios. Quizás el aspecto más importante a considerar es mantener unas condiciones de limpieza adecuadas en los bancos de trabajo. La euforia, el entusiasmo del investigador por lo que está buscando le lleva a que se relaje la protección que guarda respecto a sí mismo, por lo que resulta difícil controlarle.

No debe omitirse que algunos de los accidentes severos se han producido con fuentes utilizadas en investigación, por ejemplo con aceleradores, teniendo como resultado amputaciones de manos del propio investigador.

P. ¿Cómo valoraría globalmente las «II JORNADAS SOBRE ACTUACIÓN EN EMERGENCIAS DE INSTALACIONES RADIATIVAS» celebradas el pasado diciembre?

R: Desde hace un par de años a esta parte se percibe una mayor sensibilidad hacia prevención de este tipo de accidentes. Antes de mi charla, me sorprendió gratamente cómo alguien se había preocupado en hacer una lista de accidentes potenciales.



REUNION DEL COMITE CIENTIFICO DE "RADIOPROTECCION"

El pasado 24 de Abril del presente 1995 tuvo lugar una reunión del Comité Científico de la revista de la Sociedad. El objetivo de la reunión era revisar y comentar la línea editorial seguida, con especial referencia al objetivo y a la organización de la revista, así como sugerir temas que debieran ser tratados en el futuro.

Los puntos tratados y acordados fueron:

a) Objetivo de la revista:

El objetivo es básicamente informativo y no exclusivamente científico. Caben pues junto a trabajos originales de carácter primordialmente científico, otros que con rigor informen sobre actividades desarrolladas por un grupo particular, pero que pueden ser de interés general o para un sector concreto. Por ejemplo, incorporación de nuevos métodos o procedimientos, experiencia habida en la utilización de tales métodos y, desde luego, actividades que aporten datos de interés nacional en campos relevantes para Protección Radiológica. La revista puede ser un buen vehículo de comunicación entre grupos que trabajen en temas afines, favoreciendo así la homogeneización en calidad de tales actividades.

El Comité Científico en todo caso tratará de que ningún sector de actividad quede excluido o marginado en las tareas informativas de la revista, buscando un balance que en ocasiones puede necesitar el requerimiento directo de artículos a sectores que demuestren no ser muy comunicativos.

b) Organización de la revista:

La estructura actual de la revista, con secciones dedicadas a artículos y a informaciones directas de diversa índole, se

considera adecuada a los fines que se pretenden. No obstante se propone incluir una nueva sección dedicada a Formación, se trataría de un sección de carácter tutorial, dedicada a temas muy concretos y justificados por su importancia e interés. El tema sería cubierto, con mentalidad práctica, por un autor invitado seleccionado en función de su experiencia.

La sugerencia fue aceptada por unanimidad. Desde este momento se aceptan sugerencias para esta nueva sección que se pretende aparezca ya en el próximo número (nº 10, 1995).

c) Temas sugeridos para artículos:

En la reunión hubo abundantes propuestas, y para algunas de ellas se cuenta con la colaboración de miembros del Comité como promotor directo de un posible trabajo. Estos fueron algunos de los temas propuestos:

- Situación actual en Dosimetría Biológica
- Información sobre PVRAS, Datos, Utilidad
- PR en Radiografía industrial
- Medidas de actividad en medios heterogéneos
- Limitación de dosis en radiodiagnóstico
- Vertidos radiactivos en industrias no nucleares
- Percepción del riesgo
- Estrategias de rehabilitación post accidente

- Estimación de dosis debidas al Uranio
- Dosimetría interna en población infantil
- Dosímetros personales electrónicos
- Actividades Working grupos EURADOS y proyectos I+D UE

No es necesario indicar que cualquier persona que lo considere oportuno puede enviar sus originales a la revista, sin más condiciones que la de cumplir con las normas de publicación y aceptar la opinión de los expertos designados para la evaluación de los trabajos.

d) Otros asuntos:

Durante la reunión se suscitó el tema de la necesidad de reglamentos, procedimientos o guías de actuación que tienen determinadas actividades en protección radiológica, y el posible papel que la revista podría desempeñar para ayudar a solucionar este tipo de carencias. Hubo acuerdo en que RADIOPROTECCIÓN no tiene cometido alguno en el establecimiento de normas o reglamentos que son responsabilidad específica de determinadas Instituciones. Tampoco parece ser RADIOPROTECCIÓN el lugar adecuado para la difusión de los documentos normativos, que habrán de ser objeto de publicaciones específicas por parte de los Organismos responsables de emitirlos.

La revista en todo caso podría desempeñar un papel de promoción indirecta de tales asuntos, ayudando a establecer estados de opinión a través de los artículos y comentarios emitidos libremente por los socios de la SEPR. Evidentemente esto es posible tanto en el tema de normas y reglamentos, como en cualquier otro.

PROCEDIMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS RADIATIVOS EN INSTITUCIONES RADIATIVAS MEDICAS, LABORATORIOS Y CENTROS DE INVESTIGACION BIOLÓGICA

El uso de material radiactivo no encapsulado en instalaciones médicas, laboratorios y centros de investigación biológica ocasiona la generación de subproductos de desecho a los que hay que dar una gestión adecuada, en función de todas sus características, incluidas las radiológicas. Dado el interés que este tema despertaba en todos los profesionales de la protección radiológica de las mencionadas instalaciones se constituyó, en el seno de la S.E.P.R., un grupo de trabajo formado por representantes de dichos profesionales y de ENRESA. El objetivo inicial de este grupo era introducir la desclasificación como una opción más de la gestión de los materiales de desecho. Un análisis detallado de los requisitos necesarios para ello, determinó que, para poder evaluar el residuo final a gestionar, era necesario realizar un seguimiento del material radiactivo a manejar, desde su entrada en la instalación hasta su conversión en residuo de cualquier tipo. Asimismo, un mejor conocimiento sobre el uso de los materiales radiactivos debía servir para identificar dónde y cómo se generan los residuos y cuáles son sus características, como primer paso para una mejor optimización de su generación y gestión. El grupo de trabajo se planteó entonces, como objetivo, la elaboración de una guía de gestión del material radiactivo, en la que se hiciera especial énfasis en aquellos aspectos que tuvieran mayor incidencia en la generación de los residuos, así como, en las posibles vías de evacuación de los mismos. La labor de este grupo está llegando a su fin y en estas líneas se pretende dar, a todos los miembros de la sociedad, una visión general sobre el contenido de la mencionada guía.

La guía se ha elaborado con el objeto de proporcionar una información de base que sirva de ayuda a las instalaciones radiactivas, a las que aplica, en las activi-

dades de manejo de material radiactivo, desde el punto de vista de la generación y gestión optimizada de los residuos radiactivos. Asimismo, la guía pretende ser un compendio de buenas prácticas y recomendaciones, fruto de la experiencia de los especialistas en protección radiológica de dichas instalaciones y de la documentación nacional e internacional existente en la materia. Con el objetivo indicado, la guía incluye aspectos de organización, de diseño y de manipulación, aspectos todos que influyen en la optimización y reducción de los residuos radiactivos que se generen. Dentro del aspecto de gestión, la guía aporta recomendaciones sobre el modo de llevar a cabo la desclasificación de aquellos residuos que por su bajo nivel de actividad puedan ser gestionados de forma convencional y del modo de solicitar la correspondiente autorización al Organismo Regulador.

El contenido de la guía se ha estructurado en una parte principal acompañada de varios apéndices y de una serie de anexos, dedicados a la desclasificación, que se publicarán de manera independiente por ser muy específicos. La parte principal se ha subdividido en los siguientes apartados:

— Condiciones básicas para una buena gestión del material radiactivo: en este apartado se analizan las condiciones previas que deben existir para que se facilite la gestión del material radiactivo y se asegure el cumplimiento de las normas de protección radiológica. Estas condiciones incluyen la estructura organizativa y la asignación de las funciones de protección radiológica, el diseño y el equipamiento de las instalaciones y la formación y el entrenamiento del personal.

— Adquisición, recepción y almacenamiento del material radiactivo: se incluyen recomendaciones para el control del

material radiactivo desde su pedido hasta su utilización que aseguren un adecuado control del mismo.

— Manipulación y aplicación del material radiactivo: se relacionan una serie de recomendaciones o normas de actuación, agrupándose en generales y específicas. Las normas específicas se asocian a cada tipo de instalación y se desarrollan más en uno de los apéndices. Todas las normas incluidas están orientadas a la optimización de los residuos generados y a su posterior gestión. Uno de los puntos más novedosos de este apartado es la inclusión de una metodología para analizar las técnicas de aplicación de los radioisótopos con algunos ejemplos.

— Gestión de residuos con contenido radiactivo: en este apartado se describen los dos modos básicos de gestión: la gestión vía desclasificación y la gestión a través de una empresa autorizada. Se dan orientaciones para la solicitud de evacuación por vía convencional, incluido el decaimiento previo y se informa de los pasos a seguir para la retirada por la empresa autorizada.

En los apéndices se incluye información de detalle sobre los temas desarrollados en el texto referentes a: criterios específicos de diseño de las instalaciones, ejemplos de formatos para facilitar la gestión del material radiactivo, normas específicas de manipulación del material radiactivo, métodos de descontaminación e información aportada por las instalaciones para la elaboración de la guía. Por último en los anexos se desarrolla un procedimiento para solicitar al CSN la autorización para evacuar los residuos por vía convencional, así como un ejemplo de aplicación, y el manual del usuario de una versión reducida del programa IMPACTS-BRC, como ejemplo de modelo, que puede ser usado para evaluar el impacto radiológico de dicha evacuación convencional.



GRUPOS DE TRABAJO S.E.P.R.

GRUPO DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO

Coordinador:

Eliseo Vañó Carruana (Hospital Universitario de San Carlos. Madrid)

Miembros:

Manuel Alonso Díaz, Alfonso Calzado Cantera, Margarita Chevalier del Río, Luciano González Garcé, Ignacio Hernando González, Pilar López Franco, Arturo Méndez Llorent, Pilar Morán Penco, Pedro Ortiz López y Pedro Rodríguez Rodríguez.

Informe

El Comité conjunto de las Sociedades Españolas de Física Médica y Protección Radiológica que elabora el Protocolo sobre los aspectos técnicos del Control de Calidad en Radiodiagnóstico, ha tenido recientemente una reunión para revisar la versión provisional del documento e incorporar las sugerencias que han realizado distintos usuarios españoles y expertos extranjeros, así como distintas empresas que comercializan equipos de rayos X y material radiológico.

Durante la reunión del Comité, el Profesor Vañó informó de la creación del Grupo de Trabajo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico de la Sociedad Española de Protección Radiológica, acordando que dicho Grupo podría evaluar la puesta en práctica de algunos aspectos concretos del Protocolo español para sugerir futuras modificaciones al Comité de Redacción, así como carencias que pudieran encontrarse en su actual versión.

Se acordó solicitar a la Secretaría de la Sociedad Española de Protección Radiológica que se amplíe el plazo de solicitudes de integración en el Grupo de Trabajo hasta el próximo mes de septiembre, con objeto de que durante el mes de octubre en el que previsiblemente ya estará publi-

cada la versión definitiva del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, se pueda celebrar una reunión del Grupo de Trabajo para definir sus objetivos e iniciar la labor de evaluación del citado Protocolo español.

GRUPO DE TRABAJO SOBRE DOSIS A PACIENTES EN RADIODIAGNOSTICO

Coordinador:

Ignacio Hernando González (Hospital Del Río Hortega. Valladolid)

Miembros:

J. Amador Vela-Hidalgo, J.M. Cañizares Martínez, R. de Vicente Vázquez, R. Pons Jaulin de Sentre, M.L. España López, J.M. Campayo Esteban, C. Correa Sáinz, J.M. Sastre Aguado, M.P. Olivares Muñoz, F. Peinado González, B.F. Falero García, B. Tobarra González, E. Casal Zamorano, P. Gómez Llorente, J.J. Morant Echevarne, M. López Tortosa.

Informe

El grupo, que ya era numeroso desde el principio, ha crecido con la incorporación de dos nuevos miembros, lo que corrobora el interés que suscita todo lo relativo a la dosimetría de pacientes en radiodiagnóstico.

A mediados de mayo se tuvo conocimiento en la Sociedad de la existencia de un nuevo anteproyecto, modificado respecto del anterior, de Real Decreto para el establecimiento de los criterios de calidad en radiodiagnóstico. La información de que se disponía se distribuyó entre los miembros del grupo. Las opiniones sobre el tema son muy variadas en algunos aspectos. Está previsto llevar a cabo una reunión después del verano para conjuntar criterios.

Sigue pendiente de definición el alcance del trabajo sobre el concepto de restricción de dosis en relación con el radio-diagnóstico.

GRUPO DE RADIACIONES NO IONIZANTES

Coordinadora:

Jocelyne Leal (Hospital Ramón y Cajal)

Miembros:

M^a Jesús Azanza Ruiz, Juan Bernar, Jesús Castro Catalina, Francisco Del Pozo Guerrero, José Miguel García Sagredo, Antonio Hernando Grande, Miguel López Tortosa, Rafael Pons Jaulin de Sentre, Fernando Salmón Iza, Ricardo Torres Cabrera, María Angeles Trillo Ruiz, Alejandro Ubeda Maeso.

Informe

Las actividades realizadas por el grupo en los últimos meses han sido las siguientes:

1. Preparación de la jornada científica Radiaciones No Ionizantes, prevista para el viernes 24 de noviembre, 1995.
2. Acción Cost 244 «Biomedical Effects of Electromagnetics Fields», Dirección general XIII, de las Comunidades Europeas (DG XIII: Telecomunicaciones, Información y valoración de la Investigación). Contactos con los 67 miembros científicos Participantes y 10 miembros observadores, de la Acción Cost 244-España, para su integración en la sección RNI de la SEPR y su participación en la jornada científica del 24 de noviembre, 1995.
3. Proyecto «European Bioelectromagnetics Centre»: trabajo para su organización dentro del marco de Parque Tecnológico de la universidad de Alcalá de Henares (Madrid), con el apoyo de los diferentes Ministerios españoles implicados en esta cuestión. El marco europeo es la DG XIII programa Sprint «European Community Programme for Innovation and Technology Transfer».

GRUPO SOBRE PROTECCION RADIOLOGICA EN RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA

Coordinadores:

Manuel Alonso Díaz y Andrés González Tutor (Hospital «Marqués de Valdecilla»)

Miembros:

Manuel Alonso Díaz, Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz José Ignacio Bilbao Jaureguizar, Antonio Jesús Echenagusía Belda, Andrés González Tutor y Eliseo Vañó Carruana.

Informe

Este Grupo de Trabajo, que se ha constituido para particularizar y optimizar la Protección Radiológica en las prácticas intervencionistas en colaboración con la Sociedad Española de Radiología Vasculare e Intervencionista, ha celebrado su primera reunión en Madrid el pasado 20 de Febrero.

Se ha comenzado a elaborar el Manual de Protección Radiológica en Radiología Vasculare e Intervencionista y a finales del mes de Mayo se ha distribuido un borrador del Manual entre los miembros del Grupo, para su corrección en un plazo aproximado de un mes. En una reunión a finales de Junio se valoraron los comentarios y se depuró el citado borrador.

GRUPO SOBRE LA GESTION DE RESIDUOS EN HOSPITALES Y CENTROS DE INVESTIGACION BIOLÓGICA

Coordinador:

Marina Téllez de Cepeda (Hospital de la Paz)

Miembros:

Antonio Castell Millán, M^a Teresa Ortiz Ramis, Marina Téllez de Cepeda, Pilar Olivares Muñoz, Juan Diego Quesada Bueno, Angeles Sánchez Sánchez, M^a Teresa Macías Domínguez.



Informe

Se ha finalizado la elaboración de la «Guía de gestión de material y residuos radicativos en hospitales y centros de investigación biológica». El documento ha sido remitido a los miembros del Grupo Consultor quienes enviaron sus comentarios al Grupo de trabajo durante el mes de julio.

La Guía, que se presentará y distribuirá en el mes de septiembre, se comenta más detalladamente en la pág. 51.

GRUPO DE COMUNICACION E INFORMACION

Coordinador:

Eduardo Sollet (IBERDROLA)

Informe

El pasado mes de mayo Eduardo Sollet y Andrés Leal han realizado una presentación de la SEPR a la Comisión de Seguridad Nuclear de UNESA. Esta Comisión está integrada por representantes de las Empresas propietarias de las Centrales Nucleares y las propias centrales. El número de asistentes fue de 15 personas.

En dicha presentación se elaboraron las propuestas indicadas a continuación:

- El sector nuclear contribuirá con su apoyo al desarrollo de la SEPR.
- Los gerentes de las centrales se adscribirán a la SEPR como socios individuales, con el fin de recibir la información correspondiente a la SEPR y canalizarla de la manera más adecuada.
- Las empresas propietarias de las centrales nucleares se harán socios colaboradores de la SEPR.

Estas propuestas fueron elevadas al Comité de Energía Nuclear (CEN) de UNESA para su consideración. Unos días después el CEN emitió su aprobación.

GRUPO DE TRABAJO NORMATIVA Y REGLAMENTACION

Coordinadores:

Andrés Leal Martín (C.N. Almaraz) y Eliseo Vañó Carruana (Universidad Complutense)

Miembros:

Juan Amador Vela-Hidalgo, Carmen Baixeras Divar, Tomás Casanova Blanco, Juan M. Cañizares Martínez, Angel L. García Rodríguez, Emilio Iranzo González, Miguel Marine Muñoz, Javier Menarguez Abella, Juan José Morant Echevarne, Inmaculada Piles, Alepuz, Alejandro Placer Diessler, Rafael Pons Jaunlin de Sentre, Ramón de Vicente Vázquez y Juan Ignacio Villaresca Blanca.

Informe

La actividad del Grupo de Trabajo sigue centrada en la traducción de las Recomendaciones 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP-60) con el objetivo de presentarla en el III Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica Nuclear a celebrar del 23 al 27 de octubre de 1995, en Cuzco (PERU).

Una vez realizado este trabajo, se organizará, con los componentes del Grupo de Normativa y Reglamentación, el plan de trabajo basado en la preparación de un índice de todos los temas de interés en las diversas áreas de aplicación de la protección radiológica.

Los comentarios a la normativa actualmente en revisión y puesta al día en la línea del ICRP-60, se están realizando, con la participación de los miembros de la S.E.P.R. con la urgencia que la dinámica de los comités internacionales exigen.

Los interesados en una mayor información y detalle de la documentación actualmente en revisión, pueden informarse a través de la Secretaría de la Sociedad.

GRUPOS DE TRABAJO EN COLABORACION CON OTRAS SOCIEDADES**GRUPO DE TRABAJO SOBRE LA AMORNIZACION EUROPEA DE DATOS DOSIMETRICOS****Coordinador español:**

Jernónimo Iñiguez Saez (AMYS)

Miembros:

Marie Litido, Gilberto Bussuoli, Maurizio Pellicioni, Raymond Dollo y Jernónimo Iñiguez

Informe

Este grupo, formado por representantes de la Asociación Italiana de Protección Radiológica (Marie Litido, Gilberto Bussuoli, Maurizio Pellicioni), Sociedad Francesa de Protección Radiológica (Raymond Dollo) y Sociedad Española de Protección Radiológica (Jerónimo Iñiguez), tras las reuniones de trabajo celebradas a lo largo de 1994, ha elaborado un borrador de propuesta de recomendaciones sobre la armonización de datos dosimétricos a nivel europeo (carné radiológico y banco de datos dosimétricos).

Este documento ha sido presentado a las Juntas Directivas de las respectivas Sociedades para su valoración y enviado a la Dirección General XI de la Unión Europea (Mr. Eriskat) con copia a distintos organismos europeos.

Aprovechando la celebración de un coloquio en Luxemburgo (29-3-95) para tratar ciertos aspectos prácticos de la puesta en marcha de la Directiva 90/641, relativa a la protección operacional de los trabajadores exteriores con riesgo de expo-

sición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada, se realizó una presentación de las actividades y recomendaciones del Grupo de Trabajo.

COMISION NACIONAL DE CONTROL DE CALIDAD EN INSTRUMENTACION DE MEDICINA NUCLEAR**Coordinadora:**

Marina Téllez de Cepeda (Hospital de la Paz)

Miembros:

Raquel Barquero Sanz, Ana Blanes Tabernero, José Miguel Delgado Rodríguez, Natividad Ferrer García, José Manuel Martín Calvarro, Rafael Pucha Ané, María Luisa Ramírez Vera, Javier Luis Simón y Marina Téllez de Cepeda.

Informe

Actualmente se trabaja con preferencia en el TOMO II, desarrollando cada uno de los capítulos, tanto con los resultados de las pruebas experimentales realizadas por los componentes del grupo de trabajo, como con la actualización bibliográfica.

Se ha previsto la presentación del borrador ya elaborado y listo para comentarios en el X Congreso Nacional de Física Médica (Salamanca: 27-30 de Septiembre), así como la realización de cuatro seminarios de carácter práctico donde se tratan puntualmente temas de aspectos generales del control de calidad, de activímetros y de gammacámaras planares y tomográficas.

CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE RADIOPROTECCION Y MEDICINA

Montpellier (Francia) – 28-30 junio 1995

INTRODUCCION

Después de Salamanca (1991) y Taormina (1993) Montpellier ha sido la terce-

ra ciudad en la que se ha celebrado la Reunión Internacional conjunta entre las Sociedades Española, Francesa e Italiana de Protección Radiológica.

Esta Conferencia ha puesto de manifiesto la estrecha relación existente entre dichas sociedades, no sólo de cara al presente sino también de cara al futuro.



El nivel de participación ha sido muy bueno, contando entre los asistentes 32 españoles, 175 franceses, 30 italianos, junto a expertos de otros países europeos (Bélgica, Holanda, Luxemburgo, Reino Unido, Suiza, Polonia, Rumanía, Portugal, República Checa) así como representantes de Estados Unidos y Perú. Además, han estado presentes representantes de diferentes Organismos relacionados con la Protección Radiológica (IRPA, ICRP, U.E.).

DESARROLLO DEL CONGRESO

Esta «Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica y Medicina», patrocinada por la Comisión de la Comunidad Europea (CEC) y por la Asociación Internacional de Protección Radiológica, ha contado con la presentación de 18 conferencias invitadas y cerca de 100 trabajos, entre comunicaciones orales y posters.

Aquellos socios interesados en conocer los trabajos presentados en el Congreso así como en disponer de copia de alguna de las ponencias, pueden dirigirse a la Secretaría Técnica de la SEPR.

CONCLUSIONES GENERALES

1.- Los estudios que se están realizando



De izquierda a derecha, Leopoldo Arranz, Presidente de la SEPR, Dr. Jean Marc Cosset, Presidente del Congreso y de la SFRP y Dr. Antonio Parisi, Presidente de la AIRP.

do en la actualidad en radiobiología muestran unas condiciones de posible adaptación a dosis bajas de radiación así como una posible hipersensibilidad (especialmente en el gen 55) en determinados individuos. Ello puede dar lugar a una importante modificación en la evolución de las Recomendaciones de la ICRP.

2.- Los estudios más recientes en microdosimetría indican posibles efectos a nivel celular que pueden implicar modificaciones en los factores de calidad de las radiaciones.

3.- Se ha puesto de manifiesto la necesidad de mejorar la formación e información en Protección Radiológica de los médicos radiólogos, así como la de médicos de otras especialidades que trabajan con rayos X, para asegurar su

aceptación de las Normas establecidas en este campo.

En el caso particular de la radiología intervencionista, dado su alto nivel de riesgo, se hace necesario un mayor control de su dosimetría personal. Se ha propuesto aumentar el número de dosímetros (interior y exterior, a la altura del hombro, del delantal plomado)

para estimar las dosis en los órganos más expuestos. Se destaca la dificultad del control dosimétrico y utilización de guantes para la protección de las manos.

4.- En relación a la radiología pediátrica, debido a la mayor radiosensibilidad de los pacientes tratados, se indica la conveniencia de buscar estudios de imagen alternativos para reducir la exposición y minimizar los riesgos. Asimismo se ha reflejado la importancia de una correcta estrategia diagnóstica cuyo responsable debe ser el médico radiólogo en estrecha comunicación con el médico clínico prescriptor.

5.- En Medicina Nuclear se ha llamado la atención sobre la necesidad del control de contaminación interna de los profesionales responsables de la terapia metabólica con I-131.

6.- Es urgente apoyar la elaboración de Guías de Formación en Protección Radiológica, especialmente en el campo de la radiología intervencionista (incluyendo cardiología) así como la introducción de materias de Protección Radiológica en los programas docentes de pregrado.

El uso de objetivos educacionales específicos, tal y como se ha hecho en el Programa VALUE de la U.E., resulta una excelente aproximación para la armonización europea.

7.- Existe un claro consenso en relación al tratamiento del paciente irradiado, aunque deben establecerse convenios de colaboración entre los diferentes países para optimizar los recursos existentes.

8.- Se debería intensificar la investigación en dosimetría biológica como herramienta en la gestión del tratamiento de accidentados. Se deberán, asimis-

mo, definir aspectos legales y establecer intercambios de experiencias.

9 - Se ha puesto de manifiesto que, en las poblaciones expuestas de Chernobyl, es necesario realizar un mayor número de estudios complementarios para la evaluación del cáncer radioinducido por bajas y altas dosis.

10.- La profilaxis radiológica con IK en accidentados nucleares, tal como se establece en los planes de emergencia, está demostrando su utilidad.

11.- Se ha presentado la revisión, que se está realizando, de la Directiva Europea 84/461 de EURATOM, indicándose los aspectos más relevantes y asegurando que puede ser operativa en 1996.

12.- A partir de la aparición de la definición de «Dosis Restringida» en ICRP 60, en el Reino Unido, la NRPB ha

implantado un control de calidad en un grupo de hospitales a partir del cual se ha elaborado un Protocolo sobre Control de Calidad sobre «Dosis al paciente en Radiodiagnóstico». Dichas dosis se comparan con un nivel de referencia nacional, establecido a efectos de que sirva como patrón para poder valorar y definir las condiciones de funcionamiento de cada hospital.

13.- A nivel clínico resulta posible reducir y optimizar las dosis al paciente en radiodiagnóstico, mediante una política integral de calidad en toda la cadena del proceso radiológico en tres órdenes de actividades: organización, revisión y evaluación de pautas rutinarias y formación continuada, tanto de los operadores y responsables de los equipos radiológicos como de los médicos prescriptores.

**M.^a Teresa Macías y
Leopoldo Arranz**

PROXIMAS JORNADAS CIENTIFICAS

Poco a poco se van despejando los problemas de organización de nuestras próximas Jornadas científicas. Estas son las fechas:

18 y 19 de Octubre de 1995

Jornada Conmemorativa del Centenario del Descubrimiento de los Rayos X.

Organizada en colaboración con todas las Sociedades Científicas relacionadas con la utilización de las radiaciones ionizantes en Medicina. Fundación Ramón Areces.

24 de Noviembre de 1995

Jornada sobre Radiaciones no

ionizantes. Asamblea General Anual de la SEPR. Salón de Actos del CSIC.

5 de Febrero de 1996

Jornada sobre Mamografía y Protección Radiológica. Hospital La Paz.



SEPR - 6

VI Congreso de La Sociedad Española de Protección Radiológica

Córdoba, septiembre de 1996

En 1896, pocas semanas después de que Roentgen descubriera los Rayos X, H. Becquerel presentaba a la comunidad internacional un hallazgo de importancia excepcional: la radiactividad natural. Desde entonces el estudio y uso de las radiaciones ha sido uno de los campos más activos de la investigación científica y su aplicación práctica ha contribuido decisivamente al avance de todas las ciencias y a la mejora del nivel de vida de las personas.

Pocos años después de aquellos descubrimientos nacía el concepto de Protección Radiológica, que en la actualidad se ha consolidado como una importante disciplina científica y técnica, y ha dado lugar al desarrollo de una actividad profesional y económica que ha alcanzado en nuestro país un notable nivel de madurez.

Desde entonces distintos elementos han ido configurando las bases científicas de esta disciplina a lo largo de su historia. Así en particular, el estudio de las consecuencias en los planos científico, sanitario, económico y social del accidente de Chernobyl, ocurrido en el año 1986, está teniendo una incidencia notable en algunos aspectos de la Protección Radiológica. Esta permanente revisión y mejora de las bases científicas

se refleja en los estudios de distintos organismos Internacionales, como es el caso de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR).

En el año 1996, primer centenario del descubrimiento de Becquerel, serán muchos los temas de actualidad en discusión en este campo. La incorporación de las últimas recomendaciones de la CIRPR a la reglamentación básica Internacional es un proceso que se espera culmine, dicho año, con la aprobación de la revisión de la Directiva Básica Europea. Esta normativa, junto a las Normas Básicas coordinadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica, que recogen el amplio consenso Internacional en cuanto a la adopción de nuevas recomendaciones, son hechos de importancia clave en el futuro de nuestra Protección Radiológica.

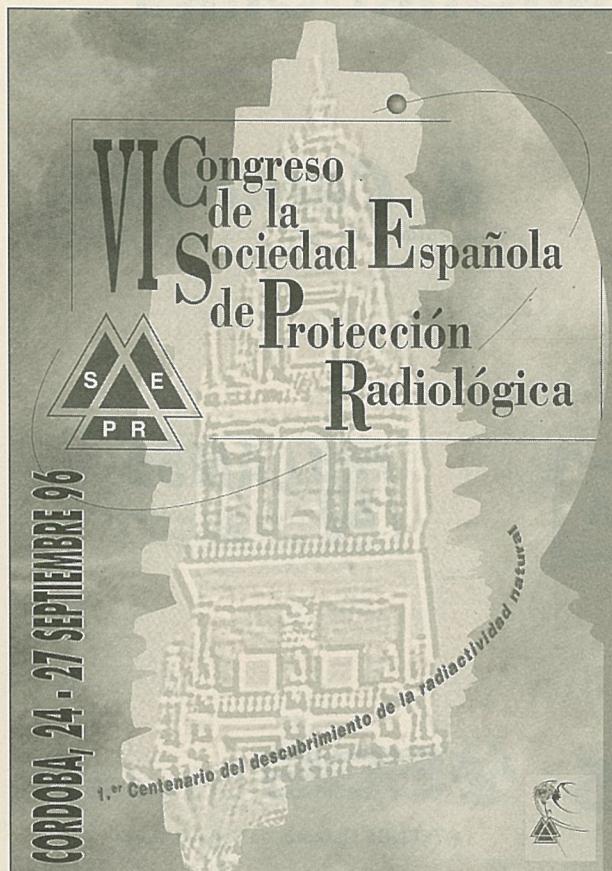
Consciente de esta importancia, la Sociedad Española de Protección Radiológica, que dedicó su Congreso de Salamanca a la discusión de las Recomendaciones de la Comisión Internacional, quiere dedicar una parte importante de su actividad en 1996 a la discusión de su aplicación práctica.

Teniendo en cuenta las efemérides mencionadas y el estado actual de la

aplicación de las nuevas Recomendaciones de la CIRP, en el VI Congreso de la Sociedad, que tendrá lugar en Córdoba en Septiembre de 1996, SE ABORDARAN LOS SIGUIENTES TEMAS:

- La exposición a la radiación natural
- Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y no ionizantes
- La medida de las radiaciones y de las dosis
- La protección radiológica de la población y el medio ambiente
- La protección radiológica de los trabajadores
- La protección radiológica del paciente
- La normativa de protección radiológica
- Los aspectos sociales y psicológicos de la protección radiológica.

Para celebrar dicho Congreso, la SEPR ha elegido este marco histórico incomparable, en el que el Humanismo y la Ciencia convivieron estrechamente durante uno de los períodos más brillantes de la ciencia española, que constituirá, sin duda, una referencia inmejorable para estudiar la nueva orientación de la Protección Radiológica que en los últimos años ha dado pasos muy importantes en su acercamiento a la sociedad.



FECHAS DE INTERÉS

Recepción de resúmenes: Hasta el 15 de Febrero de 1996
Notificación de aceptación: Hasta el 30 de Marzo de 1996
Presentación final de trabajos: Hasta el 30 de Mayo de 1996

CUOTAS DE INSCRIPCIÓN

<i>Anteriores al 15-VII-96</i>	<i>Posteriores al 15-VII-96</i>
Socios de la SEPR: 40.000 ptas.	Socios de la SEPR: 50.000 ptas
No socios: 50.000 ptas	No socios: 60.000 ptas
Acompañantes: 20.000 ptas	Acompañantes: 25.000 ptas

INFORMACIÓN DE INTERÉS

Premios Científicos SEPR6
 1º Premio
 2º Premio

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente: Manuel Gálvez Delgado

Vicepresidentes: Antonio Mateo Navarro. Juan José Peña Bernal.

Secretaría científica:
 M^a del Carmen Arias Blanco

Tesorería:
 M^a Teresa Ortiz Ramis

Vocales:
 – Manuel Fernández Bordes – Miguel Torres Avisbal
 – Miguel Herrador Córdoba – Alejandro Ugarte y Pallarés
 – Roberto Martín Oliva

COMITÉ CIENTÍFICO

Presidente:
 – Xavier Ortega Aramburu.

Vocales:

– I. Amor Calvo	– M. García León
– Jocelyne Leal	– E. Gil López
– A. Brosed Serreta	– A. López Romero
– D. Cancio Pérez	– L. Martín Curto
– P. Carboneras Martínez	– M. Ribas Morales
– P. Carmena Servet	– V. Pastor y Aldeguer
– J. Castelo Porras	– L. Tobajas Asensio
– A. Delgado Martínez	– E. Vañó Carruana
– E. Gallego Díaz	

DIRECCIONES DEL CONGRESO

<i>Secretaría Científica:</i>	<i>Secretaría Técnica:</i>
Servicio de Protección Radiológica	Secretaría de Congresos
Facultad de Medicina	Científicos, S.L.
Avda. Menéndez Pidal, s/n	c/Caño, 3 1ª 1
14004-Córdoba (España)	14001 Córdoba (España)
Tfno: (957) - 218275	Tfnos: (957) - 480478
Fax: (957) - 218274	/ 483311
	Fax: (957) - 479651

ENTIDADES COLABORADORAS



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

PHILIPS



SIEMENS



Grupo SGS Ciat

TECNOS Garantía de Calidad, S. A.

AGFA

3M

enresa



GEOCISA
GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A.



• FLASHES INFORMATIVOS • • FLASHES INFORMATIVOS •

■ PRESIDENCIA ESPAÑOLA DE LA UE: UNA OPORTUNIDAD PARA APROBAR LAS NORMAS BÁSICAS

En el segundo semestre del año, con la presidencia española de la Unión Europea, podría darse un impulso definitivo a la aprobación de la directiva que establece las Normas Básicas de Protección Radiológica para trabajadores y población, basada en los artículos 31 y 32 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM).

En julio de 1992 la Comisión presentó al Consejo un proyecto del artículo 31, después de su elaboración con el Grupo de Expertos, en el cual participan científicos de los estados miembros. En febrero de 1993, el Comité Económico y Social emitió su dictamen, siendo aprobada por el Consejo en julio de 1993. A su vez, el Parlamento Europeo emitió su dictamen en abril de 1994 y, en julio, la Comisión presentó al Consejo un propuesta modificada, teniendo en cuenta las propuestas del Parlamento. Actualmente el proyecto se encuentra en el Grupo de Cuestiones Atómicas sin que, por el momento, se haya alcanzado una posición común.

Con la presidencia española podría darse un impulso definitivo al logro de

consensos y tal vez conseguir la aprobación de las Normas. Podemos anticipar que la Administración española tiene la intención de trabajar el máximo posible en el tema. Entre otros aspectos el Ministerio de Industria y Energía ha convocado a un grupo de apoyo técnico con representantes de las instituciones españolas involucradas (Ministerio de Sanidad, Ministerio de Trabajo, CSN, CIEMAT, ENRESA, ENUSA, AMYS/UNESA). Este grupo ya había trabajado en conjunto y elaborado los comentarios y sugerencias técnicas en los que se basó la posición española respecto a las Normas Básicas. Es de interés hacer notar que D. Ignacio Amor, como representante del CSN y a la vez del Grupo de trabajo mencionado, está interviniendo activamente en el Grupo de Cuestiones Atómicas en Bruselas, aportando asesoramiento técnico a la representación española.

■ DAN BENINSON, PREMIO SIEVERT 1996

Pocos profesionales pueden desconocer la importante contribución que Dan Beninson ha realizado, durante tres décadas, al ámbito de la protección radiológica.

Nacido y educado en Argentina,

Beninson se graduó como médico en la Universidad de Buenos Aires, donde también efectuó estudios de biofísica. En la Universidad de California realizó, de igual forma, estudios de radiobiología. En su carrera dentro de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Beninson fue designado sucesivamente para puestos de gran relevancia, lo que culminó con su nombramiento como presidente de la Autoridad Reguladora en Argentina.

Ahora bien Dan Beninson es, sobre todo, conocido por sus aportaciones en el ámbito internacional de la protección radiológica. Ha colaborado en numerosos paneles de expertos para el OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) y ha sido, al mismo tiempo, secretario y presidente del UNSCEAR (Comité de Radiaciones de las Naciones Unidas). De igual forma, ha sido miembro del Consejo Ejecutivo de la IRPA durante el período 1966-70. Y, por encima de todo, su nombre se asocia a la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Fue el primer miembro del Comité 4, y sucesivamente, miembro, vicepresidente y presidente de la Comisión.

El Dr. Beninson ha aceptado el premio y ha accedido a pronunciar la conferencia en homenaje a Sievert durante la



apertura del Congreso Internacional IRPA-9 que se celebrará en Viena en el mes de abril de 1996.

La revista RADIOPROTECCION publicó en su Nº 8 Vol. III · 1995 una entrevista con el Dr. Dan Beninson celebrada durante su visita a España en diciembre del pasado año.

■ APROBADAS LAS NORMAS BÁSICAS INTERNACIONALES POR TODOS LOS ORGANISMOS PATROCINADORES

El pasado día 2 de mayo, el Comité

Director de la Agencia de la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE aprobó las Normas Básicas de Seguridad. En la misma reunión, el Comité Director también ratificó, con los otros Organismos que conformaron la Secretaría Conjunta de las Normas Básicas, el patrocinio del «Radiation Protection Fundamentals».

Con esta aprobación efectuada por la AEN, las Normas Básicas completan su ratificación por parte de los organismos que las han patrocinado. En consecuencia, el OIEA procederá a su publicación en los cinco idiomas previstos.

De esta forma culmina también un gran esfuerzo para una armonización internacional sin precedentes. Al comunicar al Sr. A. González (OIEA) la aprobación de las Normas, el Sr. O. Ilari (AEN/OCDE) finalizaba indicando: «A la conclusión de este largo y trabajoso proceso quisiera expresar mi máximo aprecio por el notable espíritu de colaboración que ha animado nuestra labor en común». Esta carta ha sido hecha pública y compartimos lo expresado por el Sr. Ilari, ya que se trata, realmente, de un hito que tiene mucho que agradecer a la tenacidad y el espíritu de los miembros de la secretaría conjunta.

• NOTICIA TECNICA • • NOTICIA TECNICA •

■ RADIOSIMULADOR RD10X

La compañía LAMSE lanza un nuevo producto al mercado como resultado del trabajo realizado en su nuevo departamento de I+D, creado hace tre años.

El RADIOSIMULADOR RD10X es un instrumento que puede ser utilizado como accesorio en los cursos donde sea necesario utilizar equipos de Rayos X, evitando una exposición innecesaria al alumnado.

El equipo está formado por un simulador, que puede ser un P.C. portátil, donde pueden introducirse todos los parámetros de un equipo de Rayos X (Kv, mA, filtros, distancia y atenuación) y con una pequeña electrónica asociada hace posible enviar el disparo al lugar donde se encuentra el monitor —sin conexión alguna con el primero— obteniéndose las medidas en Dosis, Tasa de Dosis, además de otros datos. El resto del conjunto es un monitor con su sonda, similar a la que se usa realmente, y donde se incluye el dispositivo receptor.

Todas las pruebas han sido realizadas sobre un equipo portátil ROTEM Modelo DA 3 por su versatilidad en el cambio de sus diferentes sondas.

El sistema está preparado para simular sondas de contaminación, ambientales u otros dispositivos.

En su presentación, durante el mes de Marzo en Israel, varios países de la UE y el propio país anfitrión han mostrado su interés en adquirirlo.

UNA POSTAL DESDE PRIPYAT POR ERIC VOICE

(Traducido del inglés por Antonio Delgado)

Eric Voice, es consultor privado y profesor de Prospectiva Energética. El artículo fue publicado originalmente en *Physics World* (vol. 8, nº 4 Abril 1995). Se publica en **RADIOPROTECCIÓN con autorización del Institute of Physics, a quien agradecemos su colaboración.**

Me senté en el bosque un día del último verano dejándome envolver por los rayos de un sol radiante, abundantes flores de diente de león y de uña de caballo adornaban a un manto de hierbas, las últimas flores de manzano colgaban sobre mí, abedules plateados y pinos estaban en todo el esplendor verde de verano.

En el árbol más cercano un ruiseñor rompió a trinar, ¿el paraíso perfecto?, tan sólo mi pequeño monitor revelaba el mar de radiación que me rodeaba: cinco microsievverts por hora, cincuenta veces el valor de la radiación de fondo medio existente en un bosque inglés.

A través de los árboles podía ver el pueblo cercano de Chernobyl, y un poco más lejos la ciudad desértica de Pripjat cerca del reactor destruido. Este es el lugar, los famosos 30 km alrededor de Chernobyl, en los que los medios de comunicación británicos, periódicos nacionales, radio y televisión, han anunciado durante años que «la vida humana es imposible, no hay pájaros que puedan cantar, el bosque se ha secado y los animales nacen con horribles mutilaciones» (recogido de un periódico muy cualificado).

Paseando hacia el reactor pasé por el lugar denominado «bosque rojo», el área que sufrió la mayor precipitación desde la

nube radiactiva. En ella se alcanzaron los niveles más altos de plutonio y en 1986 fue roturada y la tierra removida hasta niveles bastante profundos. Esta zona se está ahora regenerando rápidamente, con retoños ya de un metro o dos de altura. Pueden verse en el suelo arenoso numerosas huellas de cascos partidos, son las huellas características de los alces, otras trazas más confusas que pueden apreciarse en los huecos del terreno se deben a familias de cerdos salvajes.

Ciertamente la zona parece haberse convertido en un parque de vida salvaje ahora que la mayoría de los humanos se han marchado. El informe científico anual sobre la zona, describe cómo la vida animal local ha aumentado en algunos casos hasta en un factor diez, desde que los humanos fueron evacuados en 1986. Se estima que ahora hay 3000 zorros, 600 alces, 450 ciervos, 40 lobos y quizás 3000 jabalíes en la zona. Los cerdos salvajes eran una exquisitez que fue casi exterminada por los cazadores.

En la apresurada evacuación de alrededor de 137000 personas, más de 2000 - fundamentalmente los habitantes originales de la zona- se negaron a abandonarla. Debido a que no hay empleos ni servicios, el número que continúa viviendo allí ha decrecido a 700. Una señora, Olga Kusherenko, me invitó a su casa. Ella vive en la aldea de Opachichi, deshabitada como la mayoría de las 74 aldeas existentes en la zona.

Cuando nos sentamos en su porche, el sol comenzaba a ocultarse a través de los árboles de su jardín, algunas gallinas con sus polluelos, escarbaban en el polvo, algunos tulipanes tardíos florecían

cerca de la puerta. «Mi madre y yo fuimos evacuadas muy lejos, pero pronto regresamos caminando», afirma, «nos llevó dos semanas a través del bosque para evitar a los guardias».

Nacida allí y habiendo vivido siempre en la casa, Olga realmente no pudo entender por qué se produjo toda aquella confusión. Su madre tiene ahora 81 años; no estaba en la casa cuando yo la visité, estaba en el campo cavando. Olga y su madre que prácticamente se auto-mantienen parecen llevar una vida pacífica y feliz, aunque solitaria. Los niveles de radiación gamma en su casa y en el jardín son 0,5 - 0,8 microsievverts por hora, alcanzando 1.0 en determinados puntos (éstos 5-10 veces mayores que los niveles medios para la radiación ambiental en el Reino Unido). Los niveles de plutonio son del orden de 0.1 curios Km-2, cuando el nivel recomendado es cero. Bien, Olga ciertamente parece bastante saludable, pero qué ocurre con los demás habitantes de Chernobyl. Contrariamente a las historias contadas por los medios de comunicación, actualmente hay 12000 personas trabajando dentro de la zona de 30 km., 3000 en los dos reactores que permanecen en operación, y el resto dedicados a tareas de limpieza del terreno, estudiando el medioambiente y controlando la salud de los humanos y de los animales.

En una mesa redonda organizada en el centro de investigación en el pueblo de Chernobyl, su director de investigación Prof. Arkhipov y siete de sus científicos, contestaron a mis preguntas. No, no se ha detectado un exceso de deformidades de nacimiento en ninguna de las especies animales desde el accidente. Las mujeres



son excluidas de la zona tan pronto como ellas declaran estar embarazadas, y no se ha detectado ningún exceso de defectos congénitos en sus hijos, ni en los de la población de las zonas cercanas de Ucrania. Existe un exceso estadísticamente significativo de cáncer de tiroides en niños en Bielorrusia, pero no en Rusia ni en la zona circundante de Ucrania.

No existe ningún aumento observable de leucemia infantil en ninguna zona; de hecho en los emplazamientos más severamente contaminados de la región de Gomel, su incidencia ha caído a los niveles previos a 1986. Por lo que respecta a los 700 habitantes originales que aún viven en la zona, la jefe médico, Ekaterina Ganja, dice que su salud es exactamente la que se puede esperar en condiciones normales en la región, incluso mejor puesto que disponen de mejor atención médica desde 1986.

Todos los participantes pusieron de manifiesto una preocupación; el enorme

esfuerzo científico que debería hacerse y que parece que nunca se hará, y los escasos recursos económicos que rápidamente desaparecen, y que no llegan siquiera a pagar los salarios de los profesionales dedicados a la tarea. El prof. Arkhipov comentaba que él y la mayoría de los miembros de su grupo son voluntarios. El Instituto Vernadsky en Moscú, organizador principal de los trabajos de radioecología en Chernobyl, desde el principio, ha sido forzado a reducir su plantilla desde 2500 a 800 personas y aún no dispone de fondos suficientes para pagar todos los salarios.

La investigación sobre Chernobyl en general ha sufrido a causa del desacuerdo entre Rusia y las otras repúblicas, y si el Instituto Vernadsky y otros Institutos o programas nacionales similares sufren recortes o son abandonados, las perspectivas para la recuperación efectiva de Chernobyl, así como para que el mundo aprenda lecciones muy signifi-

cativas para el futuro, estarán en gran riesgo.

No hay necesidad de insistir en que Chernobyl constituye una oportunidad única para poder estimar de manera completa las consecuencias reales de un accidente severo en un reactor nuclear. Chernobyl representa un experimento, no intencionado, de interés y alcance mundial -científica, económica y psicológicamente muy importante- que puede no volver a ocurrir nunca más. La historia de Chernobyl muestra una sucesión de pruebas y errores, de experiencias inadecuadas y de conocimientos básicos insuficientes. Sería sin duda una tragedia para el mundo si no lográramos aprender lo suficiente a través de la comprensión científica y completa del accidente. Este conocimiento nos llevaría a ser más capaces de controlar y gestionar, en el futuro, el impacto causado por la liberación de radiactividad a gran escala que pudiera ocurrir en reactores, plantas nucleares o a causa de bombas.

CURSO SOBRE EL CÓDIGO DE ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES NUCLEARES PC-COSYMA

Las consecuencias de la liberación accidental de materiales radiactivos a la atmósfera dependerán de las condiciones existentes en el momento de producirse el accidente. Tanto la liberación como sus consecuencias pueden ser tratadas en un marco probabilístico.

Los códigos de análisis probabilísticos de consecuencias de accidentes desarrollados, describen los fenómenos de dispersión de materiales radiactivos y predicen la interacción resultante con el medio ambiente y el hombre.

Las consecuencias de un accidente dependerán de una serie de parámetros incluyendo los que describen las condiciones atmosféricas durante la liberación, dispersión y depósito de la contaminación.

El estudio sobre métodos de análisis probabilísticos de consecuencias de accidentes (APCA) de la U.E. dio como resultado el proyecto MARIA (Methods for Assessing Radiological Impact of Accidents) iniciado en 1983, cuyo objetivo principal ha sido desarrollar un código para la evaluación de las consecuencias de accidentes nucleares.

El código, denominado COSYMA (COde SYStem from MARIA) desarrollado en parte para su uso en aplicaciones rutinarias y en parte, para permitir a los usuarios llevar a cabo investigaciones detalladas de aspectos particulares, ha sido puesto a punto por el NRPB y el FZK y está disponible en la CE.

En los últimos años se ha desarrollado una versión del código COSYMA para PC, destinada a usuarios que no necesitan acceder a las características más complejas de la versión para grandes máquinas. Esta versión incluye modelos

de cálculo para el estudio de las consecuencias de una liberación accidental de material radiactivo.

Dada la necesidad de difusión de este código en nuestro país, el CIEMAT ha organizado un curso teórico-práctico sobre el uso de la versión PC del COSYMA. El curso ha sido organizado conjuntamente por la Comisión de las Comunidades Europeas, el Consejo de Seguridad Nuclear, la Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto de Estudios de la Energía-CIEMAT de Madrid.

El curso ha tenido una duración de una semana, del día 20 al 24 de Marzo de 1995 en horario intensivo, de 9:00 a 18:00 horas, se ha estructurado en una parte teórica impartida durante la mañana y sesiones prácticas por las tardes, para las que se ha contado con el aula de informática del I.E.E. y un total de 15 ordenadores.

El profesorado invitado a participar en el curso ha sido el mismo que ha desarrollado el código: Dr. Arthur Jones y Dr. Phil Mansfield del NRPB, la Dra. Irmgard Hasemann del FZK. Por parte española han intervenido el Dr. Eduardo Gallego de la UPM, Dr. Eugenio Gil del CSN y Dña. Cristina Trueba del Instituto de Medio Ambiente del CIEMAT. Para las sesiones prácticas se ha contado con la colaboración de 5 ayudantes de prácticas, pertenecientes al CSN, UPM, CIEMAT, UFISA, y NUCLENOR.

El programa del curso desarrolla las partes principales del código, parámetros de entrada, términos fuente, condiciones meteorológicas, efectos sobre la salud, medidas para mitigar las consecuencias radiológicas, dosis recibidas y consecuencias económicas. El curso incluye asimismo los resultados de los APCA españoles.

Al final del curso se organizó una mesa redonda de discusión sobre los resultados obtenidos por el grupo de usuarios del código, evaluando los inconvenientes aún existentes en la versión actual.

La Unión Europea intenta potenciar el uso del código COSYMA extendiéndolo a todas las empresas y organizaciones que trabajan en análisis probabilista de consecuencias de accidentes, por lo que el curso ha sido financiado en parte, por la Comisión Europea, asistiendo como representante de la misma el Dr. G. Kelly codirector del curso, quien estuvo presente durante la segunda jornada realizando una presentación de los proyectos de la Comunidad en este campo.

**Marisa Marco y
Eugenio Gil**

INFORMACIÓN DEL SEXTO CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE RADIATIVIDAD AMBIENTAL NATURAL (NRE VI)

El sexto congreso internacional sobre radiactividad ambiental natural se ha celebrado en Montreal del 5 al 9 de Junio de 1995 y a él han asistido más de 250 participantes de más de 30 países diferentes de todo el mundo. Los países con mayor participación han sido USA, con más de 70 inscritos, Alemania, Francia y Japón. Los demás países contaban con menos de 15 inscritos cada uno, incluido el propio Canadá.

El congreso ha sido organizado por la Universidad de Clarkson (USA), el Departamento de Energía (DOE-USA), la Agencia de Protección Ambiental (EPA-USA), la Unión Europea, el Organismo de Control de la Energía Atómica y el Departamento de Protección de la Salud, ambos del Canadá.

El primero de estos congresos se celebró en 1963, organizado por el DOE-USA, así como los dos siguientes (1972 y 1978), entrando la Comunidad Europea en su organización en el que se celebró en París en 1979. A partir de ese congreso comenzó la numeración actual, siendo el anterior a este de Montreal el celebrado en Salzburgo en 1991.

En esta sexta edición se han presentado del orden de 260 comunicaciones distribuidas en conferencias plenarias (6), presentaciones orales (172) y el resto en forma de poster. La estructura del congreso incluía seis sesiones plenarias y quince sesiones paralelas, en las que se presentaban las comunicaciones orales, así como tiempo para visitar los posters.

En las sesiones plenarias se impartía una conferencia invitada de mayor duración. Los temas de estas conferencias han sido: la aproximación de la CIPR al control de la exposición a fuentes naturales, la restauración ambiental de emplazamientos mineros, la medida del radón y su relación con la estimación de las dosis y la reevaluación del riesgo debido al radón. Asimismo se presentó una conferencia histórica sobre las medidas de la radiactividad en el aire y otra se dedicó a la exposición a los rayos cósmicos y a las partículas de alta energía. Las comunicaciones de las sesiones paralelas y los posters se referían a los siguientes temas:

— Técnicas de medida y metrología del radón y del torón.



- Exposición al fondo de radiación natural.
- Radiactividad en materiales.
- Radionucleidos naturales y vías de transferencia.
- Radiactividad en la atmósfera y en el agua.
- Vigilancia del radón en interiores y en exteriores.
- Características y comportamiento de los descendientes del radón.
- Mapas de radón y radón en otros edificios diferentes a las viviendas.
- Evaluación de la exposición al radón y riesgos asociados.
- Exposición a la radiación natural alterada por la actividad industrial.
- Rayos cósmicos.

Hay que destacar un aumento en el número total de comunicaciones respecto del congreso de Salzburgo y sobre todo del número de presentaciones orales. El interés fundamental, al igual que en el congreso anterior, se ha dirigido al radón, dedicándose la casi totalidad de las presentaciones a dicho tema.

El interés por la radiación natural ha ido variando con el tiempo y las miradas se han dirigido a cada uno de sus orígenes. De este modo, en 1948 se daba importancia al K-40 y a la radiación gamma de origen terrestre, mientras que el radón sólo se consideraba en las minas. En 1960 se incorporó la contribución del Sr-90 debida al «fall-out». En 1982 se calcularon, por primera vez, las dosis efectivas debidas al radón y en 1988 se le comienza a dar gran importancia, al descubrirse que su contribución aumentaba a casi el doble las dosis como consecuencia del fondo natural. Finalmente en 1990 comienzan las iniciativas para controlar y reducir las exposiciones excesivas a la radiación natural.

El radón y sus riesgos siguen siendo objeto de una gran atención. En este con-

greso se comentaron dos documentos aparecidos después de la edición anterior, la publicación número 65 de la CIPR («Protection Against Radon-222 at Home and at Work» 1993) y uno sobre la comparación de los aspectos dosimétricos en minas y en hogares, basada en el informe BEIR IV («Comparative Dosimetry of Radon in Mines and Homes». National Research Council, USA, 1991).

El primero de ellos resume el estado del conocimiento actual sobre los efectos del radón y de sus descendientes y establece recomendaciones para el control de la exposición al mismo, tanto en los hogares como en el trabajo. En el segundo se utiliza un nuevo modelo dosimétrico para extrapolar a los hogares las relaciones dosis-riesgo observadas en los mineros, dado que las condiciones ambiental son muy diferentes en ambos casos.

Es importante resaltar la aproximación al problema del radón de la CIPR. En el caso de las viviendas debe tratarse como una intervención, es decir, se pueden tomar acciones para reducir las dosis, siempre que estas acciones estén justificadas (producen más beneficios que perjuicios) y no aplican los límites de dosis. También la contaminación por radionucleidos naturales, debidas a actividades del pasado, licenciadas o no, se deben abordar como intervenciones. El caso de la exposición ocupacional, por el contrario, se puede abordar como una práctica, el riesgo se puede identificar previamente y se puede aplicar el sistema de protección radiológica en toda su extensión.

Entre los avances relacionados con la medida del radón, quizás la noticia más destacable es la existencia de cámaras de calibración en todo el mundo y que entre ellas no presentan grandes discrepancias. En España está prevista una cámara de este tipo en el Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña.

También, en relación con el radón, debe indicarse que va disminuyendo el interés por los programas nacionales de medidas, aunque se hayan presentado un gran número de comunicaciones sobre este tema. Parece que la atención se dirige más a los estudios epidemiológicos, a las acciones de mitigación y a los modelos dosimétricos. Esto es importante porque algunas voces cuestionan si el problema del radón es un mito o una realidad, por que lo que sí es cierto es que no hay manifestaciones macroscópicas a los niveles que habitualmente se miden.

En esta edición se han considerado también otros términos fuente, aunque con menor intensidad. Entre estos están las zonas de alto fondo, el aumento a la exposición natural como consecuencia de la actividad humana (industria del gas y de los fosfatos o minería y uso del carbón, etc.). En general tampoco se ha observado gran interés por los productos de desecho con radiactividad natural que pueden aparecer como consecuencia de diversos procesos industriales.

Por último debe hacerse referencia a la participación española, que ha sido inferior a la de Salzburgo, posiblemente por problemas de lejanía. En esta edición se han presentado seis comunicaciones orales y un poster. De las comunicaciones orales, cuatro han estado relacionadas con la medida del radón y sus descendientes, una trataba sobre la radiactividad natural en aguas potables y la sexta, al igual que el poster, trataba del establecimiento de niveles de referencia para el radón y su optimización. Estos trabajos han sido desarrollados en el Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña, en el Grupo de Física de las Radiaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona y en el Instituto de Medio Ambiente del CIEMAT.

MESA REDONDA SOBRE LAS NUEVAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

El día 3 de Abril, se ha organizado en el CIEMAT una mesa redonda sobre «problemática actual en la aplicación de las nuevas normas básicas de seguridad». Se ha contado con la participación de D. Abel González, director adjunto de la división de seguridad nuclear del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y representantes de todos los sectores nacionales afectados por la aplicación de las nuevas normas.

Durante la sesión se discutieron las

nuevas «Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra las radiaciones ionizantes, y para la seguridad de las fuentes de radiación» (colección seguridad - 115), que recogen la filosofía del ICRP-60 y reemplazan a todas las anteriores en material de seguridad radiológica.

El Dr. González destacó a lo largo de la sesión la importancia de la labor realizada por el OIEA para obtener un consenso entre las seis organizaciones participantes OIT, FAO, OMS, FAO, NEA/OCDE,

que se ha plasmado en la aceptación de este documento.

Las normas se aplican a todas las prácticas con fines médicos, industriales, de investigación, educativos, etc., que incluyan el uso de radiaciones ionizantes, y a todas las actividades del ciclo de combustible nuclear. También se aplican a las intervenciones incluyendo en este último apartado las exposiciones de emergencia y las crónicas debidas a fuentes naturales de radiación.

II JORNADAS DE I + D EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS

Durante los días 14, 15 y 16 de Junio se han celebrado, organizadas por ENRESA, las II Jornadas de I + D en la Gestión de Residuos Radiactivos. El objeto de estas Jornadas ha sido presentar y discutir dentro de un marco científico, los diferentes trabajos de I + D relacionados con las distintas áreas de actividad de la gestión de los residuos radiactivos y que se encuentran reflejados en el Segundo Plan de I + D de ENRESA que ha cubierto el período 1991-1995. Asimismo, se presentan las líneas principales de lo que será el Tercer Plan de I + D que cubrirá el período 1995-1999.

A través de 6 sesiones se aborda la situación, objetivos y avances de los distintos proyectos que incluyen: Marco general de las actividades de ENRESA; Residuos de alta actividad: Evaluación

de comportamiento a largo plazo del almacenamiento; residuos de alta actividad: campo próximo; residuos de alta actividad: geosfera; residuos de alta actividad: biosfera; residuos de baja y media actividad, desmantelamiento y clausura de instalaciones y protección radiológica.

Los investigadores que toman parte en estas Jornadas proceden de las distintas organizaciones que están participando directamente en las actividades de investigación, así como de otras estrechamente relacionadas con estos temas: CIEMAT, CSIC, Universidades Politécnicas de Madrid, Barcelona, Oviedo y Sevilla, Instituto Tecnológico y Geominero de España, Consejo de Seguridad Nuclear, Centro de Estudios Experimentales INASMET, Ministerio de Industria y Energía, ISMES, así como investigadores y profesionales de distin-

tas Compañías, como INITEC, Shell, Geocontrol, etc.

Estas Jornadas pretenden otorgar especial énfasis al papel que las actividades de Investigación y Desarrollo deben jugar en el soporte de las evaluaciones de seguridad a largo plazo de los almacenamientos de residuos radiactivos, de acuerdo con los diseños que para estas instalaciones está realizando ENRESA. Asimismo, permiten el estrechamiento y creación, en algunos casos, de vínculos de cooperación que redundan en una mejora de la calidad de los trabajos, en particular, y del conocimiento científico en general.

En el próximo número de Radioprotección ampliaremos esta información, así como el contenido del 3º Plan de I + D en la Gestión de Residuos Radiactivos.

I. Astudillo - ENRESA



NIVELES ORIENTATIVOS DE DOSIS APLICABLES AL RADIODIAGNÓSTICO

Como Adenda III en las Normas Básicas Internacionales (Colección Seguridad N° 115 - OIEA) se incluyen niveles orientativos de dosis y tasa de dosis para varias prácticas médicas con radiaciones.

En el caso de radiología diagnóstica, incluidos los exámenes

tomográficos con computadora, los niveles orientativos se basan en estudios sobre calidad realizados a gran escala. A continuación se presentan los valores aplicables en radiodiagnóstico.

David Cancio

NIVELES ORIENTATIVOS DE DOSIS APLICABLES EN RADIOGRAFIA DIAGNOSTICA PARA UN PACIENTE ADULTO TIPICO

Examen	Dosis de entrada en superficie por radiografía ⁽¹⁾ (mGy)	
Columna vertebral lumbar	AP	10
	LAT	30
	ASL	40
Abdomen, urografía y colecistografía intravenosa	AP	10
Pelvis	AP	10
Articulación de la cadera	AP	10
Tórax	PA	0,4
	LAT	1,5
Columna vertebral torácica	AP	7
	LAT	20
Dental	Periapical	7
	AP	5
Cráneo	PA	5
	LAT	3

Notas

PA: Proyección posteroanterior; LAT: Proyección lateral; ASL: Proyección de la articulación sacrolumbar; AP: Proyección anteroposterior.

⁽¹⁾ En aire, con retrodispersión. Estos valores son aplicables a una combinación placa-pantalla convencional con una velocidad relativa de 200. Para las combinaciones placa-pantalla de alta velocidad (400-600), los valores deben dividirse por un factor de 2 a 3.

NIVELES ORIENTATIVOS DE DOSIS APLICABLES EN TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA A UN PACIENTE ADULTO TIPICO

Examen	Dosis promedio en cortes múltiples ^(a) (mGy)
Cabeza	50
Columna vertebral lumbar	35
Abdomen	25

^(a) Derivada de mediciones efectuadas en el eje de rotación en maniqués equivalentes a agua, de 15 cm. de longitud y 16 cm. (cabeza) y 30 cm (columna vertebral lumbar y abdomen) de diámetro.

NIVELES ORIENTATIVOS DE DOSIS APLICABLES EN MAMOGRAFIA A UNA PACIENTE ADULTA TIPICA

Dosis promedio a la mama por proyección craneocaudal^(a)

1 mGy (sin rejilla)

3 mGy (con rejilla)

^(a) Determinada en una mama comprimida de 4,5 cm. compuesta por 50% de tejido glandular y 50% de tejido adiposo, para sistemas placa-pantalla y aparatos dedicados exclusivamente a mamografía, con blanco y filtro de Mo.

LA RADIOFISICA HOSPITALARIA, FUTURA ESPECIALIDAD EN EL AREA SANITARIA

1 995 será un año histórico para todos los que, desde mucho tiempo atrás, venimos luchando por conseguir una consolidación de la Especialidad de Radiofísica Hospitalaria.

En una reunión mantenida el pasado 7 de junio entre el Director General de Enseñanza Superior, D. Luis Egea, el Subdirector General de Especialidades Médicas, D. José Andrés Sobrino, y los presidentes de las sociedades profesionales de Física Médica, Juan Pedro Fernández Letón, y de Protección Radiológica, Leopoldo Arranz, los responsables del Ministerio de Educación y Ciencia aseguraron que los pasos legales que debe seguir el proyecto de Real Decreto están prácticamente finalizados. De hecho, se espera su publicación en el BOE durante el último trimestre de este año. Nos encontramos por tanto ante un auténtico hito.

Por otra parte, el Director General de

Ordenación Profesional del Ministerio de Sanidad y Consumo, D. Angel Carrasco, comunicó al presidente de la SEPR que dicho Ministerio, junto con el de Educación y Ciencia, han decidido constituir la comisión promotora de la Especialidad de Radiofísica Hospitalaria, que deberá coordinar todos los aspectos técnicos. Ante esta iniciativa, solicitan un representante de esta Sociedad para participar como vocal. En la reunión mantenida por la Junta Directiva el pasado 18 de mayo, se propone a D. Manuel Fernández Bordes, quien fue aceptado por unanimidad. Aparte de dicho vocal, otros socios siete socios, de entre 13, han sido propuestos como vocales: Pilar López Franco, Montserrat Ribas y Mari Cruz Paredes -por parte del Ministerio de Sanidad-, Pilar Olivares -por el Colegio de Físicos-, Mercedes Bezares -por la Administración- y los catedráticos Juan José Peña y Eliseo Vañó -por parte del Ministerio de Educación y Ciencia.

Esta Comisión tendrá que abordar, entre otros temas:

- El Programa formativo
- Formalizar las Unidades acreditadas
- Resolver los expedientes que habilitan la titulación de la especialidad
- Seleccionar a los titulados superiores que deseen acceder a las pruebas selectivas de Residente.

Es de esperar que, desde mi personal punto de vista, aborden esta difícil tarea con la ilusión, con la tolerancia y con el sentido de responsabilidad requerido, ya que representan a un colectivo que no por resultar heterogéneo, deja de merecer un gran respeto, entre otras cosas, por haberse autoformado, en la mayoría de los casos, en muy difíciles condiciones. Es necesario mirar al futuro y dejar bien claras las bases educativas de nuestros futuros residentes y garantizarles una sólida formación.

Leopoldo Arranz

UN ESTUDIO DE FRANCIA-INGLATERRA MUESTRA CÓMO GESTIONAR LOS EFECTOS DE CHERNOBIL

La empresa de ingeniería francesa SGN está liderando un consorcio con la empresa británica AEA para evaluar las vías de gestión óptimas para diferentes tipos de zonas y emplazamientos contaminados por el accidente del reactor 4 de Chernóbil.

El estudio se enfocará sobre Ucrania, Bielorrusia y Rusia.

El informe final establecerá un ranking entre las opciones de gestión propuestas de acuerdo con los efectos principales sobre las zonas de referencia, tales como las potenciales reducciones de dosis a

los trabajadores y a las poblaciones y los costes de restauración y de los cambios económicos en la zona de referencia.

El equipo de estudio cuenta con la experiencia del IPSN francés. (NUCLEAR EUROPE WORLDSCAN MARZO-ABRIL pág 25)



LA UNION EUROPEA ESTABLECE UNA RED DE VIGILANCIA AMBIENTAL, EN BIELORRUSIA Y UCRANIA

La Comisión europea ha dado un primer paso hacia un amplio sistema de vigilancia de la radiación ambiental en los antiguos estados de la Unión Soviética.

Este paso es la adjudicación de un

contrato de 3,5 millones de ECUS a la empresa alemana Homann Systemtechnik para el proyecto piloto Gamma-1.

Homann comenzará a instalar el equipo en Ucrania y Bielorrusia este verano, con objeto de tener las redes en los dos

ministerios del medio ambiente a finales de año. El objetivo del proyecto piloto es garantizar la funcionalidad de las medidas y la viabilidad de ampliar las redes - Gamma 2 hasta Gamma N- a otros estados de la ex URSS. (NUCLEAR EUROPE WORLDSCAN MARZO-ABRIL pág.23)

COGEMA CUESTIONA UN ESTUDIO QUE ADUCE EFECTOS EXTERNOS A LARGO PLAZO DEL C14

El director de medio ambiente de la empresa del ciclo de combustible francesa Cogema, ha cuestionado el significado de la asociación de radioprotección con base en París CEPN, de que los costes externos a largo plazo en el planeta, debidos a la producción de energía nuclear, están gobernados por el reprocesado y principalmente por el carbono-14.

En un estudio que se terminó el pasado año de CEPN (Nuclear Protection Evaluation Center) para la Comisión europea, se afirmaba que los isótopos de muy larga vida que se descargan vía aire o agua por las plantas de reprocesado, principalmente C-14, se suponen que causan una serie de cánceres de la población receptora,

que representan el 77,2% de los costes externos globales de la operación del ciclo del combustible nuclear en los próximos 100.000 años. El coste total se estima en 2,42 milésimas de ECUS por kww-hr (unas tres milésimas de \$/Kwh), más unos (0,1 mECU si se tiene en cuenta los accidentes severos).

Cogema afirma que el sorprendente resultado se debe a que CEPN ha multiplicado las dosis individuales de los isótopos de larga vida por las decenas de billones de personas que se supone que viven durante el período de 100000 años. La estimación de dosis de CEPN está basada en la "prudente y pesimista" hipótesis lineal de una relación causa-efecto, una hipótesis desarrollada con efectos prácti-

cos de protección del público, pero que en el contexto de una aproximación global y a largo plazo, puede perder su sentido. Todo matemático sabe que cero veces infinito es una cantidad indeterminada.

También afirma que Cogema, si fuese necesario, podrá capturar el carbono -14 que ahora se descarga. La planta inglesa más reciente, la planta Thorp, ya retiene el 99% de los efluentes de carbono-14. El equipo no se ha instalado en La Hague porque el carbono-14 es un radiocontaminante menor en términos de dosis locales y a corto plazo, pero que se consideró importante en la construcción de la planta. (NUCLEONICS WEEK 16 MARZO pág. 14)

IV CURSO TEORICO-PRACTICO SOBRE RADIOBIOLOGIA CLINICA

El pasado mes de mayo se ha celebrado en Granada el IV Curso Teórico-práctico sobre radiobiología clínica, organizado por la Asociación Española de Radioterapia y Oncología (AERO) y la Asociación Española de Investigación contra el cáncer (ASEICA).

El Curso fue dirigido por los Profesores V. Pedraza (AERO) y J.M. Ruiz de Almodovar (ASEICA). El desarrollo del

mismo ha sido realizado por miembros del Departamento de Radiología y Medicina Física de la Universidad de Granada, en colaboración con el Institute of Cancer Research (Sutton, Reino Unido), the National Cancer Institute (Amsterdam, Holanda) y el Department of Radiotherapy, University of Leuven (Leuven Bélgica).

El objetivo del Curso ha sido realizar una puesta al día sobre los conociem-

tos fundamentales y los hallazgos científicos más recientes en el campo de la biología de la radiación. Se ha desarrollado en sesiones teóricas y prácticas.

Fue clausurado por el Prof. E. Van der Schueren (University of Leuven, Bélgica) quien expuso el desarrollo y perspectivas futuras de la Radiobiología y Radioterapia Clínica en la Europa del año 2.000.

CONGRESOS Y REUNIONES

• IRPA 9

Congress Secretariat
IRPA 9 Congress Organising Committee
Austropa-Interconvention
P.O. Box 30, A - 1043 Vienna, Austria
Tel: (43 - 1) 58800 - 299, 113
Fax: (43 - 1) 5867127
E-mail: austropa@oevb.co.at

Fechas importantes:

Congreso: 14- 19 Abril 1996.
Límite recepción resúmenes 1 Agosto 1995
Notificación de aceptación Octubre 1995
Presentación artículos completos 1 Enero 1996
Pago cuotas de inscripción 15 Diciembre 1995
Reserva de Hotel a través de la Organización 1 Marzo 1996

• X CONGRESO NACIONAL DE FÍSICA MÉDICA

Salamanca 27 - 30 Septiembre 1995
Secretaría Científica:
Servicio de Física Médica y Protección Radiológica
Hospital Universitario
Pº San Vicente 58 - 182,
37002 Salamanca
Tel: 923 - 291180
Fax: 923 - 291459

Secretaría Técnica:
Viajes y Congresos S.A.
C/ Sierpes 9 1ºB, 37002 Salamanca
Telf: 923 - 267292
Fax: 923 - 269208
Comunicaciones
Recepción de Resúmenes: 15 Febrero 1995
Aceptación 31 Marzo 1995
Recepción de trabajos 15 Junio 1995

• III CONGRESO REGIONAL SOBRE SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR.
Congreso Regional del IRPA 23

- 27 Octubre 1995
Cuzco (Qosqo), Perú
Correspondencia:
Comité Organizador
II Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear
Casilla Postal 18 - 0260
Lima, Perú
Tel: 51 - 14 - 705167 (SPR),
723637, 723136 (IPEN)
Fax: 51 - 14 - 705167 (SPR),
724349 (IPEN)
E-mail: congres@ciplim.org.pe

• SEMINAR ON THE ADVANCEMENTS IN THE IMPLEMENTATIONS OF THE NEW BASIC SAFETY STANDARDS

(Agosto 14-18, 1995, Viena - Austria)
Conference Service Section,
IAEA, PO BOX 100
A-1400 Viena, Austria

• 5 TH INTERNATIONAL CONF. ON RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL REMEDIATION

(Sept. 3-9, 1995, Berlín - Alemania)
Ms. Leslie Friedman, ASME
345E, 45th Street
New York, NY 10017-2392, USA

• SEMINAR ON REQUIREMENTS FOR THE SAFE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTE

(Agosto 28 - Sept. 1, 1995, Viena - Austria)
Conference Service Section,
IAEA, PO BOX 100
A-1400 Viena, Austria

• INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIATION DOSE MANAGEMENT

(Octubre 3-5, 1995
Windermere, UK)
ENS Secretariat, P.O. BOX
5032, CH-3001 Berna, Suiza

• 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH

LEVELS OF NATURAL RADIATION

(Octubre 23-27, 1995, Pekín - China)
ICHLNER, C/O China A.E.A.
Sanlihe Nansanxiang No 1, 1
PO BOX 2102, Beijing - China

• 8th SYMPOSIUM IN NEUTRON DOSIMETRY: ADVANCES IN NUCLEAR PARTICLE DOSIMETRY FOR RADIATION PROTECTION AND MEDICINE

(Nov. 13-17, 1995, París - Francia)
Dr. H. G. Menzel, European
Comission DG XII F/6
(Arts 3/61), rue de la Loi, 200,
B-1049, Brussels - Belgium

• INTERNATIONAL CONFERENCE ON ONE DECADE AFTER CHERNOBYL: SUMMING UP THE RADIOLOGICAL CONSEQUENCES

(Abril 9-12, 1996, Viena - Austria)
Conference Service Section,
IAEA, PO BOX 100
A-1400 Viena, Austria

• 41st ANNUAL MEETING OF THE HEALTH PHYSICS SOCIETY

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

• INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUCLEAR ENERGY AND THE ENVIRONMENT

Beijing, China
October 14-18, 1996
For further information, please contact:
Leng Ruiping, Wang Hengde
Chinese Society of Radiation Protection
P.O. Box 2102-12, Beijing
100822
Tel: ++ 86 10 8510370
Fax: ++ 86 10 853937

Abstracts of papers—no more than 1000 words— by October 30, 1995.

CURSOS SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA ORGANIZADOS POR EL CIEMAT

• INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA

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

PROGRAMACIÓN DEL 2º SEMESTRE de 1995

17/07-17/07
Radiation Research at the
Environmental Measurements
Laboratory EML, USA
Department of Energy

25/09-30/09
Curso de P.R. para Dirigir
Instalaciones Rayos X.

02/10-27/10
Curso de Capacitación para
Supervisores de Instalaciones
radiactivas.

13/11-17/11
Normalización de
procedimientos y medidas en el
plan REVIRA, en colaboración
con el CSN.

20/11-24/11
Caracterización de residuos de
media y baja actividad por
métodos radioquímicos.

07/11-18/11
Medida de radiactividad en
muestras ambientales. (CEDEX).

«INTERVENTION CRITERIA IN A NUCLEAR OR RADIATION EMERGENCY»

Safety Series N° 109 - IAEA, Viena, 1994

(STI/PUB/900/R)(ISBN 92-0-103094-0)

Esta publicación es el resultado de una cantidad de reuniones, discusiones y en definitiva un consenso internacional sobre el tema de la intervención postaccidental.

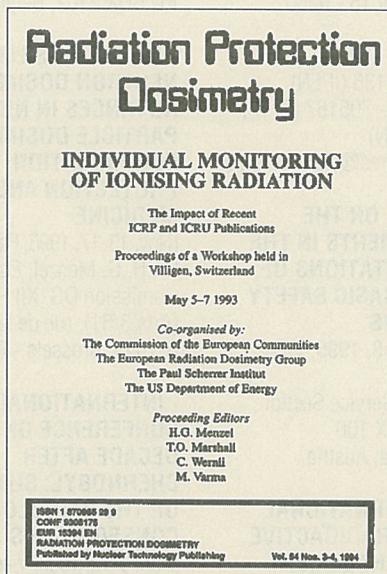
Se trata de una revisión cuidadosa de los principios básicos de protección en la intervención con respecto a la anterior publicación (Colección Seguridad N° 72). En su formulación se han tenido en cuenta las nuevas recomendaciones de ICRP y los desarrollos de la Organización Mundial de la Salud y la Organización para la Alimentación y Agricultura.

El principal valor añadido es la formulación de niveles de intervención genéricos para su utilización internacional basados en un consenso técnico muy importante. Estos valores se consideran de mucho interés, entre otros motivos para ser utilizados con facilidad por los países que no tienen un gran desarrollo nuclear y por tanto no poseen planes de emergencia detallados. No obstante, estos valores consensuados tendrán una implicación internacional amplia y además contribuirán a una homogeneización numérica entre países lo cual, contribuirá a mejorar la comprensión y confianza pública.

Esta publicación ha servido también de base para las recomendaciones y guías numéricas que figuran en las Normas Básicas Internacionales. En conclusión, es una información imprescindible para los que tienen algún interés profesional o responsabilidad en

relación con las actuaciones en emergencias.

David Cancio



«INDIVIDUAL MONITORING OF IONISING RADIATION»

Radiation Protection Dosimetry

Proceeding Editors: H. G. Menzel

T.O. Mashall, C. Wernli and M. Varma

vol. 54, nos. 3-4, 1994

Este número monográfico de RPD recoge las ponencias presentadas en el workshop celebrado en Villigen (Suiza), sobre el control individual de las radiaciones ionizantes, patrocinado por la Comisión Europea, EURADOS, el Instituto Paul Scherrer de Suiza y el Departamento de Energía de los EEUU. El objetivo de la reunión era revisar la situación de la Dosimetría Personal después de la publicación de los informes ICRP 60 (1991) e ICRU 47 (1992).

En el workshop se analizaron los aspectos más relevantes en dosimetría

personal, incluyendo el sistema de magnitudes propuesto para la medida de dosis de radiación y su interrelación. También se revisaron las actividades de test de las características (type testing) y de calibración de dosímetros personales, su exactitud y precisión, técnicas para el aseguramiento de la calidad de las medidas, así como el desarrollo de nuevas técnicas de medida.

Una buena parte de los trabajos se aplica al estudio de las implicaciones del ICRP-60, haciendo referencia a las inconsistencias que pueden derivarse de las recomendaciones contenidas en el informe. En particular la problemática generada por el empleo de conceptos diferentes para estimar la calidad de la radiación en la definición de las magnitudes operacionales (LET), y para las magnitudes limitadoras del riesgo (factores de peso). También se recogen trabajos en los que se analizan los problemas surgidos del hecho de que, las nuevas magnitudes operacionales no son conservadoras en todos los casos respecto de las magnitudes limitadoras (neutrones de baja energía).

A pesar de estas dificultades, la conclusión global de la reunión de Villigen, fue que no existen dificultades mayores para la asimilación de las nuevas recomendaciones, y que los problemas que parecen existir pueden resolverse. Existe amplio consenso sobre la necesidad de armonizar, a nivel UE, las actividades y los procedimientos de comprobación de características, y de control de calidad aplicados a los dosímetros personales.

Este volumen monográfico de Radiation Protection Dosimetry, es altamente interesante para los profesionales en el campo de la dosimetría personal.

Antonio Delgado



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 una 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



DIVISION TECNICA NUCLEAR

Laboratorio de instrumentación electrónica.

Servicio técnico de ámbito nacional.

Verificaciones electrónicas y radioactivas de equipos y sistemas.

Especialistas en instrumentación nuclear.

DIVISION COMERCIAL

Instrumentación Nuclear.

Máscaras de Protección Química y Nuclear.

Simuladores para Rayos X, contaminaciones ambientales, etc.

Cámaras miniaturas para la medicina.

DIVISION "I+D"

Desarrollo informático y electrónico.

Creación de mapas radiológicos y automatización de las medidas.

Proyectos para transmisión y captación de datos, vía radio, teléfono, GPS, etc.

Proyectos para seguimientos de trabajo especiales.

ENERGIA SIN FRONTERAS

Experiencia y calidad al servicio de
las centrales nucleares europeas

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



 **ENUSA**

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