

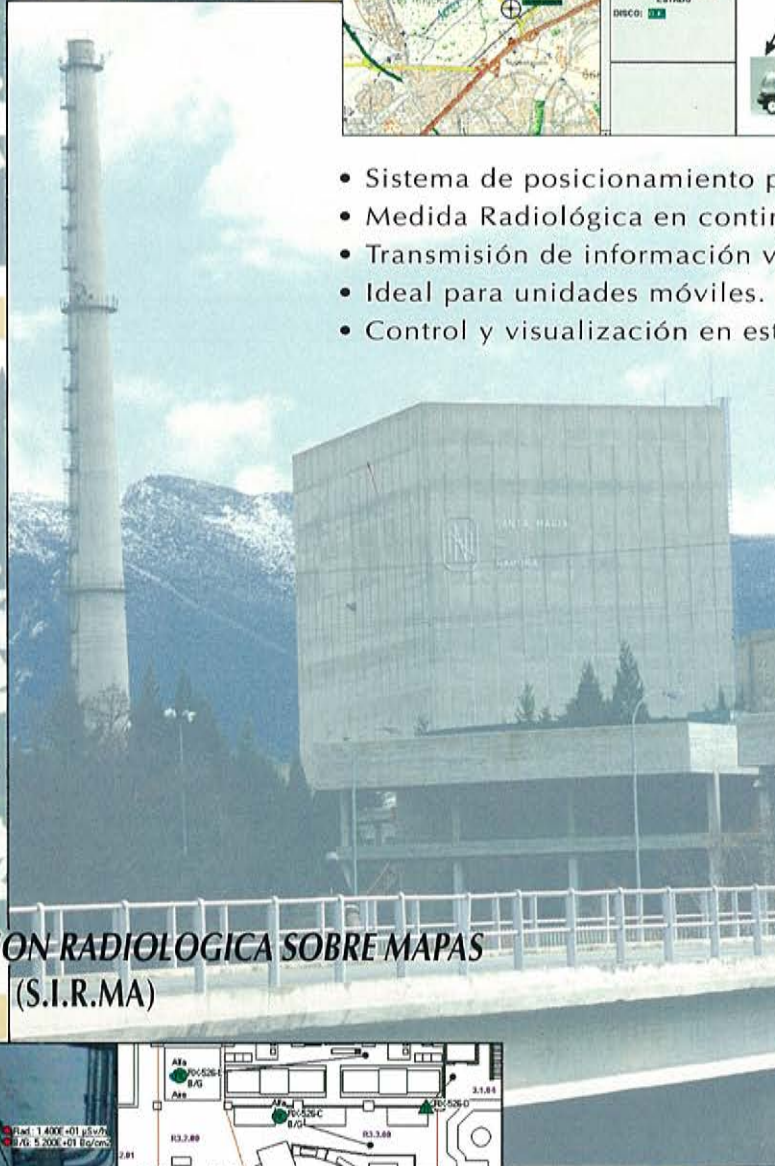
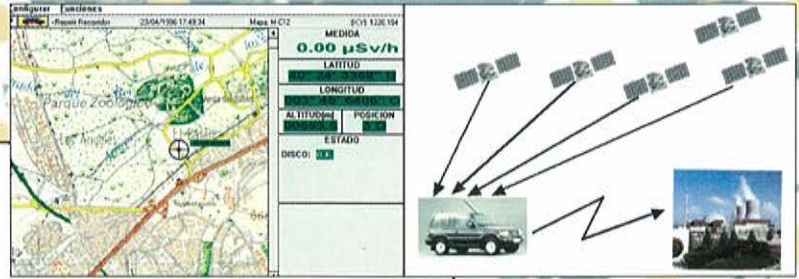
RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA

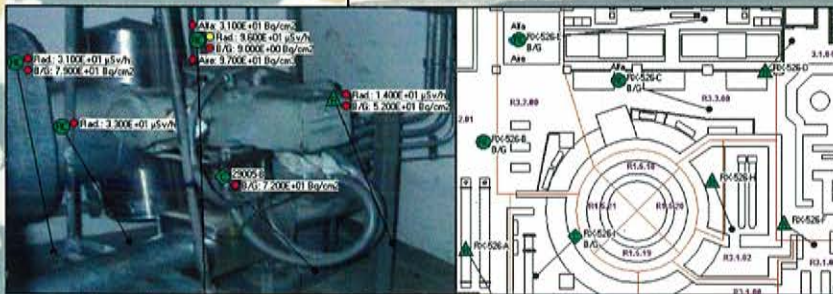


- ✓ *Las NEURONAS son sensibles a los CAMPOS MAGNÉTICOS aplicados en el rango de intensidades de la RMN utilizada con fines de diagnóstico*
- ✓ *POLARIZACIÓN de RAYOS X*
- ✓ *SOBREEXPOSICIÓN accidental a RADIACIONES IONIZANTES*
- ✓ *La COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP) y su PROGRAMA de TRABAJO para los próximos años*
- ✓ *ENTREVISTA: FÉLIX YNDURÁIN, Director General del CIEMAT*

Nº 16 • Vol. V • 1997



SISTEMA DE INSPECCION RADIOLOGICA SOBRE MAPAS (S.I.R.MA)



- Identificación de puntos de medida sobre fotos y planos.
- Recogida y volcado automático de datos.
- Gran capacidad de procesamiento de datos.
- Obtención de GRAFICAS Y LISTADOS.
- Control de LIBROS DE INCIDENCIAS.
- y todo bajo un entorno tan amigable como Windows.



RADIOPROTECCION

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
PROTECCION RADIOLOGICA
Nº 15. Vol. V • 1997

Director: Emilio Iranzo

Comité de Redacción

Coordinadora: María Teresa Macías
M^a Luisa España, Antonio López Romero, José
Pío Carmena y Alicia Martínez.

Comité Científico

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

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: Eduardo Sollet
Vicepresidente: Xavier Ortega
Vicepresidente (Congreso 1998):
Montserrat Ribas
Vicepresidente (Asuntos Especiales):
Leopoldo Arranz
Secretario: Manuel Fdez. Bordes
Tesorero: José Pío Carmena
Vocales:
Ignacio Amor
David Cancio
Antonio López
Cristina Núñez
de Villavicencio

Realización y Publicidad

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

Imprime DGB
Distribuye JARPA

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

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

Depósito Legal: 17158
ISSN: 1133-1747

SUMARIO

✓ Editorial	185
✓ Colaboraciones	
• NEURONAS Y CAMPOS MAGNÉTICOS	189
“Las neuronas son sensibles a los campos magnéticos aplicados en el rango de intensidades de la RMN utilizada con fines de diagnóstico”	
<i>M.^a J. Azanza</i>	
• POLARIZACIÓN DE RAYOS X	204
“Polarización de rayos X en diagnóstico médico”	
<i>M. Guasp</i>	
• SOBREENEXPOSICIÓN ACCIDENTAL	210
“Sobreenexposición accidental a radiaciones ionizantes: seis años de seguimiento”	
<i>M.^a J. Prieto Rodríguez, M. Moreno Domene, M. Gómez-Espí, R. Herranz Crespo, P. Olivares Muñoz</i>	
✓ Contribución invitada	219
“La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y su programa de trabajo para los próximos años”	
<i>R. Clarke, P. Ortiz, D. Cancio</i>	
✓ Entrevista	231
“Félix Ynduráin. Director General del CIEMAT”	
✓ Noticias S.E.P.R.	234
✓ Informaciones de interés	248
✓ Noticias Técnicas	257
✓ Información del Grupo Iberoamericano	259
✓ Publicaciones	261
✓ Convocatorias	262

SOCIOS COLABORADORES SEPR

AGFA 



PHILIPS

IBERDROLA

enresa



INITEC

 **SGS** Grupo SGS Ciat
TECNOS Garantía de Calidad, S. A.



SIEMENS

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



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.

3M



CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ



COFRENTES
CENTRAL NUCLEAR



UNION FENOSA
CENTRAL NUCLEAR "JOSE CABRERA"



CENTRAL NUCLEAR
VANDELLOS II A.I.E.

*Gracias a todos
por vuestro apoyo*

Por una mayor colaboración

E

n la Asamblea General Extraordinaria de la SEPR, celebrada el 16 de octubre pasado, se modifica-

ron algunos artículos de los Estatutos, con la finalidad de otorgarle mayor y más fácil operatividad en algunos aspectos fundamentales de uno de nuestros objetivos importantes, la celebración de Congresos nacionales e internacionales que, indudablemente, contribuyen a incrementar el conocimiento científico, tecnológico y social de nuestros socios. Además, nos permite mostrar a la comunidad internacional de protección radiológica nuestra capacidad organizativa y las justificadas posibilidades de intervención en los diversos foros de discusión de aspectos doctrinales y operacionales relacionados

con nuestra disciplina. Se ha conseguido así, la total adecuación legislativa a la operatividad internacional, que nos permitirá conseguir -así lo esperamos- la nominación, por parte de la comunidad constitutiva de la IRPA, de nuestra Sociedad como organizadora del XI Congreso IRPA, a celebrar en Madrid.

Coincidiendo con esta importante modificación estatutaria, la Junta Directiva presentó y consiguió la aprobación del texto, solicitado en la anterior Asamblea, tendente a definir y establecer la estructura funcional de la Sociedad. Pensamos que esta nueva estructura ha de permitir y conseguir, sin lugar a dudas, un incremento de la responsabilidad colectiva en el desarrollo de las ya numerosas actividades de nuestra consolidada SEPR. Esperamos, sin duda, la llegada de un continuo flujo de ideas y sugerencias que permitan

desarrollar las actividades de mayor interés para los diversos miembros de la Sociedad y faciliten a su órgano director el realizar una gestión más participativa.

Consideramos importante la creación de una base de datos donde se encuentren agrupados sectorialmente todos los miembros de la Sociedad, con el fin de facilitar tanto la transmisión de la información especializada por la Junta Directiva, como la agrupación en núcleos que puedan permitirles la discusión conjunta de sus problemas e inquietudes específicas en reuniones parciales, y que puedan ser origen, en colaboración con el Comité Científico de nuestra Revista, de diversos tipos de contribuciones escritas para su publicación en RADIOPROTECCION y, en consecuencia, para su transmisión al resto de los asociados y al interés general.

Por ello, invitamos a todos los miembros de nuestra Sociedad a que acojan con entusiasmo esta iniciativa de la Junta Directiva, recogida en la reglamentación de orden interno, y respondan prontamente a la solicitud que va a hacerseles al respecto. Es conveniente que antes de contestar se medite sobre el interés de la propuesta y la conveniencia de dedicar, en sus actividades profesionales y adyacentes, una determinada parte de sus

reflexiones a la constitución de un paquete de ideas y trabajos relacionados con su sector que puedan ser discutidos en común para su posterior plasmación en propuestas, iniciativas y artículos de interés que, canalizados por la Junta Directiva a través de sus respectivas Comisiones, puedan dar lugar a actuaciones que reviertan en el interés de los expertos en protección radiológica y en otras actividades más o menos relacionadas con ella.

Todos aquellos miembros de la Sociedad que deseen colaborar con ella e incrementar su capacidad de actuación, tienen la oportunidad de participar a través de las Comisiones creadas. Desde estas líneas nos atrevemos a solicitar vuestra participación en la seguridad de que vuestro apoyo redundará en el beneficio de la Sociedad.



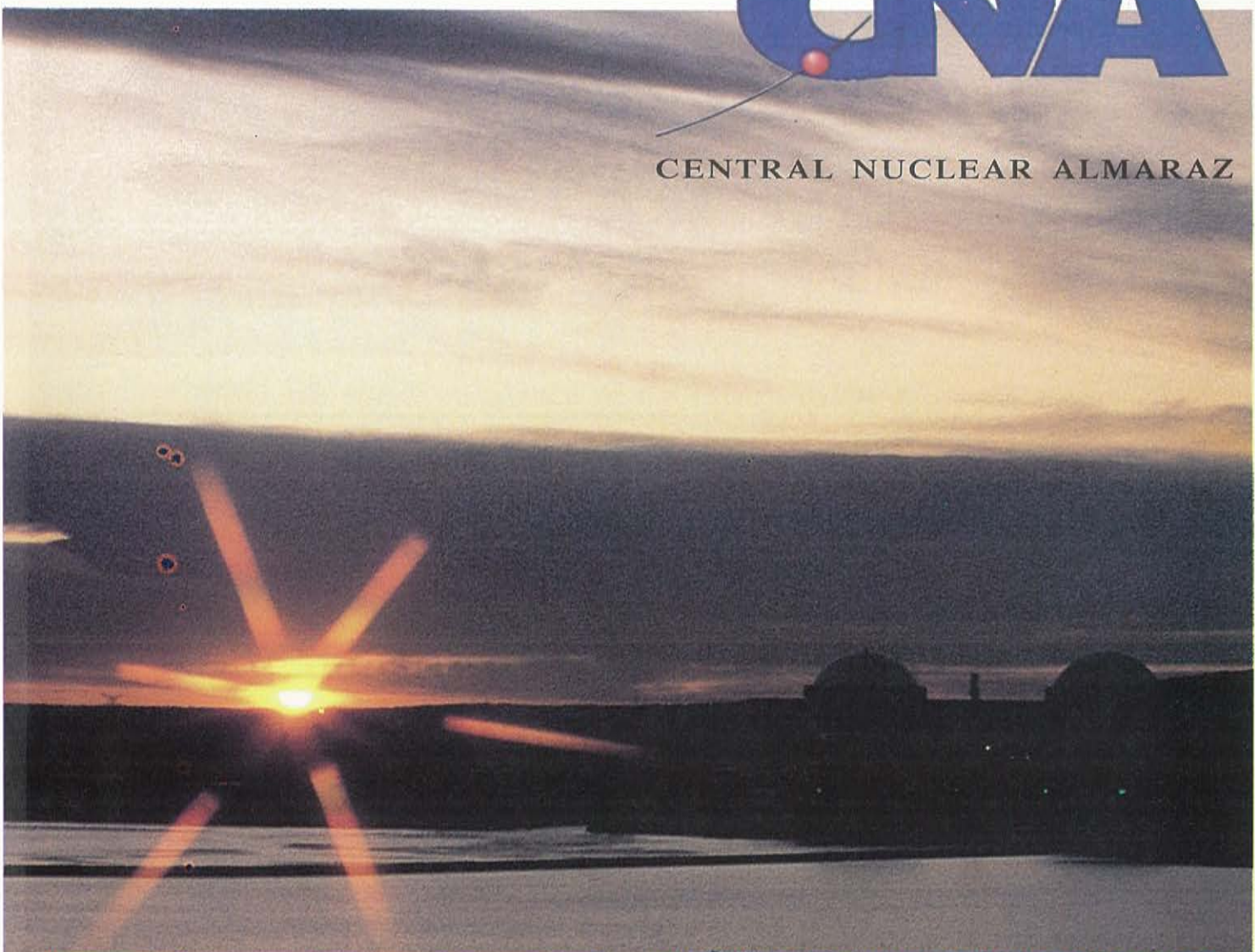


Felicidades

La Junta Directiva de la S.E.P.R., la Dirección de **RADIOPROTECCION** y sus Comités Científico y de Redacción, desean a nuestros lectores unas felices fiestas y un próspero año 1998.

CNA

CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ





Auspiciado por:
OIEA/ARCAL, OPS, IRPA

IV Congreso Regional IRPA

SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR

La Habana (Cuba), del 19 al 23 de octubre de 1998

Temas

- Protección radiológica ocupacional.
- Protección radiológica en la práctica médica.
- Protección radiológica del público.
- Programas de garantía de calidad.
- Seguridad de las instalaciones nucleares.
- Dosimetría e instrumentación nuclear.
- Emergencias radiológicas y nucleares.
- Gestión de desechos radiactivos.
- Transporte de material radiactivo.
- Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.
- Factor humano. Capacitación.

Normas para resúmenes

Tendrán como máximo 250 palabras, escritos a simple espacio entre líneas y doble espacio entre párrafos e impresos preferiblemente en láser. Deben estar encabezados por el título del trabajo, nombre de los autores, institución y país e indicar claramente objetivos, materiales y métodos y resultados. Se deben remitir al Comité organizador en original y dos copias.

El resumen debe ir acompañado de una hoja adicional con la siguiente información:

Títulos del trabajo, nombre del autor principal y de la institución, dirección postal, teléfono, Télex, Fax y Correo Electrónico (E-mail).

En renglón aparte y en mayúsculas indicar el área del temario donde desea incluir el trabajo.

Normas para trabajos

Los trabajos se enviarán impresos (printer láser). Listos para su reproducción.

- Procesador de texto: Word, Word Perfect.
- Longitud máxima: 4 páginas de 21 x 30 cm (A4). Escritas por una sola cara, sin numeración. Con márgenes de 2,5 cm por todos los lados.
- Tipo de fuente: letra Arial.
- Título: 12 puntos negritas en mayúsculas y centrado.
- Resto del texto: 10 puntos, normal.
- Autores: a un espacio del título y centrado.
- Apellidos e iniciales del nombre.
- Instituciones: a un espacio de los autores y centradas. Se indicará con números arábigos en supraíndice la procedencia de los autores cuando sea necesario.
- Encabezamientos o títulos dentro del texto: 10 puntos, negritas, en mayúsculas a un espacio de la línea anterior.
- Bibliografía: números por orden de aparición.
- Tablas y figuras: insertadas en el texto.
- El encabezamiento en las tablas en la parte superior, y en las figuras en la parte inferior.

Cuota de inscripción

Antes del 31 de junio de 1998: 150.00 USD
Después del 31 de junio de 1998: 170.00 USD
Acompañantes: 70.00 USD

La cuota de inscripción incluye:

- Cóctel de bienvenida
- Cena de despedida
- Memorias del Evento (sólo para participantes)
- City Tour (sólo para acompañantes)

Correspondencia e información

Comité organizador 4º Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear
Agencia de Energía Nuclear

Calle 20 no. 4109 e\ 18A y 47, Miramar. Ciudad de La Habana, Cuba.
Teléfono: (537) 24 1188

E-mail: congreso@cphr.edu.cu / E-mail: cien@ceniai.cu

Telfs.: (537) 22 2524/22 7971/22 7051/29 6147

Contactar a: Rosario Gil Portela / Emma Proenza Suárez

LAS NEURONAS SON SENSIBLES A LOS CAMPOS MAGNÉTICOS APLICADOS EN EL RANGO DE INTENSIDADES DE LA RMN UTILIZADA CON FINES DE DIAGNÓSTICO

Una gran cantidad de datos experimentales, moleculares y de biología celular, muestran que los organismos vivos son sensibles tanto a los campos magnéticos estáticos (CME) como a los campos electromagnéticos en el rango de las frecuencias extremadamente bajas (ELF) (1). Centrando la cuestión en los CME, dentro del rango de intensidades de los utilizados en la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) con fines de diagnóstico, hemos realizado una serie de experimentos aplicando CME (0,3-0,72 T) directamente a neuronas. Hemos demostrado que existe una magnetosensibilidad neuronal que se puede explicar como resultado del diamagnetismo de las moléculas de fosfolípidos y proteínas de la bicapa de las membranas plasmáticas. Este diamagnetismo está operando conjuntamente con las interacciones eléctricas dipolares (efecto de superdiamagnetismo) y un proceso cooperativo de liberación de iones de Ca^{2+} desde la membrana plasmática, por explosión coulombiana que, a su vez, activa los canales de K^+ -dependientes de Ca^{2+} (2,3). Las características metabólicas intrínsecas de las subpoblaciones neuronales explican las respuestas observadas: sean variaciones de la frecuencia (aumento o disminución) de los impulsos nerviosos, sea una disminución de la amplitud de los potenciales de acción. En este

María Jesús Azanza
Catedrática de
Magnetobiología.
Directora del Instituto de
Bioelectromagnetismo
"Alonso de Santa Cruz"
(Sección de Zaragoza).
Directora del
Departamento de
Ciencias Morfológicas.
Facultad de Medicina.
Universidad de Zaragoza.
Domingo Miral s/n.
50009 Zaragoza.



segundo caso el proceso molecular es debido a la inactivación de las bombas de Na^+ - K^+ -ATP-asa que son inhibidas por el mismo mecanismo de superdiamagnetismo. Presentamos en este trabajo nuestros resultados sobre la relación existente entre las variaciones de frecuencia o amplitud, de la actividad electrofisiológica neuronal, con la intensidad del CME aplicado.

A very high number of data, obtained from molecular and cell biology experimental work, show that living beings are sensitive to either the static magnetic fields (SMF) or the electromagnetic fields in the extremely low frequency (ELF) range (1). Considering the question of the intensity range of the SMF applied for clinical diagnosis, we have made experiments by applying SMF (0,3-0,7 T) directly to neurones. We have shown that there exist a neurone magnetosensitivity explained as a result of the diamagnetism of the phospholipid and protein molecules of the lipid bilayer plasma membrane. This diamagnetism is working together with electric dipolar interactions (a mixed up interaction coined as superdiamagnetism) and binded membrane Ca^{2+} cooperative coulomb explosion, which in turn operate Ca^{2+} -dependent- K^+ membrane channels (2,3). The specific intrinsic metabolic characteristics of the neurones populations explain two types of responses: either a variation in the firing frequency (increases or decreases) or a decrease in the spikes amplitude. This second effect is explained by the inhibition of the Na^+ - K^+ -ATP -ase ionic pumps, inactivated by the same superdiamagnetim mechanism. We show in this paper the dependence of the frequency and amplitude changes, of the electrophysiological activity of the neurones, with the intensity of the applied SMF.

INTRODUCCIÓN

En un número reciente de Physics World, (Vol.10 No 4 April 1997 p: 28) se muestra una fotografía de una rana levitando en el seno de un campo magnético estático (CME) de 16 T. Es la primera fotografía que muestra la levitación de un organismo animal en un campo magnético. El experimento se ha realizado en la

Universidad de Nijmegen, en un gradiente de campo de al menos $10^3 \text{ T}^2 \text{ m}^{-1}$. El autor comenta que "...no se conocen efectos perjudiciales para los organismos vivos sometidos a CME, el campo utilizado para levitar la rana es comparable con los utilizados en los sistemas comerciales de resonancia magnética nuclear utilizados en la obtención de imágenes con fines de diagnóstico. Además, la rana

parecía estar confortable en el seno del CME y se integró perfectamente con sus congéneres después de realizado el experimento".

El autor escribe "Es posible levitar la rana porque, al igual que cualquier tipo de material incluida la materia viva, las moléculas orgánicas poseen diamagnetismo molecular. De acuerdo con esto,

cada molécula orgánica diamagnética en la rana ajustará los electrones en sus órbitas con el fin de reducir su energía en presencia del CME externo. Puesto que la mayoría de las moléculas orgánicas, en una célula, son diamagnéticas, es necesario aplicar un CME muy elevado para observar, ya sea la levitación, ya sean las imágenes para el diagnóstico clínico".

Esta misma idea la expresábamos ya en nuestros trabajos de 1992 (1,2), al explicar la respuesta de las neuronas sometidas a condiciones experimentales similares: el diamagnetismo de las moléculas de fosfolípidos y proteínas de la bicapa de las membranas plasmáticas, está operando conjuntamente con las interacciones eléctricas dipolares (efecto de superdiamagnetismo) y un proceso cooperativo de liberación de iones de Ca^{2+} desde la membrana plasmática, por explosión coulombiana.

Esta fotografía y comentarios abren de nuevo la controversia sobre los efectos de las radiaciones no ionizantes (RNI) sobre los organismos vivos. ¿Son capaces los organismos vivos de detectar las RNI? Si la respuesta es afirmativa, ¿Los efectos inducidos tienen que ser "necesariamente" perjudiciales?. Consideramos que hay que separar totalmente los dos hechos: el experimental que muestra la magnetosensibilidad de una célula, de la tendencia a extraer conclusiones definitivas sobre si la magnetosensibilidad mostrada es perjudicial o beneficiosa.

La cuestión que tenemos que plantearnos es qué está ocurriendo dentro de una célula mientras estamos obteniendo una imagen de RMN, o mientras la rana está levitando, actuando el CME sobre los orbitales electrónicos de todas las moléculas orgánicas diamagnéticas.

La técnica de RMN con fines de diagnóstico clínico se desarrolló, a finales de los años 70, como un procedimiento de obtención de imágenes no invasivo para el paciente, sobre la base de la aplicación de campos electromagnéticos en el rango de las RNI. La obtención de imágenes por RMN supone la exposición del paciente a tres tipos de campos electromagnéticos: CME en el rango de intensidades de 0,35 a 2T, campos magnéticos alternos de intensidad media y baja frecuencia (gradientes empleados para la localización y codificación) y campos alternos de intensidad media y alta frecuencia (pulso excitador de radiofrecuencia) (4). La calidad de resolución de la imagen depende de la intensidad del CME aplicado, del tiempo de exposición y de la uniformidad del CME por lo que se han desarrollado equipos que aplican CME de intensidad desde 0,15 - 0,35 - 0,5 T a 1,5 - 2 T, siendo muy frecuente, en los equipos desarrollados para la práctica clínica, las intensidades de 1,5 T (5,6).

A lo largo de los más de 20 años de aplicación clínica de la RMN, se han descrito diversos efectos, tanto en humanos como en animales de experimentación, por la exposición a CME en el rango de los utilizados en RMN con fines de diagnóstico.

La exposición a CME de 200 mT produce modificaciones en los potenciales auditivos y somáticos evocados en el hombre (7,8). Cambios en la temperatura de la piel humana se han descrito tras exposición a CME de 0,1 a 0,28 T. Las medidas realizadas con una cámara de termografía mostraron una relación entre intensidad del CME aplicado y el efecto inducido. De 39 experimentos realizados en humanos, en 12 casos se observó enfriamiento del músculo y en 23 casos elevación de la temperatura alrededor de los vasos. Un moderado dolor muscular fue expresado por 4 de 26 pacientes, hasta 12 horas después de la exposición (9). Las medidas realizadas sobre variaciones de la temperatura en el cuerpo entero, con gatos sometidos a RMN entre 0,15 y 2,0 T mostraron que 5 a 10 minutos después de la aplicación del CME, la temperatura de la piel disminuyó, en algunas zonas, entre 0,3° y 5°C. No se encontraron variaciones paralelas en la temperatura corporal o en la actividad cardíaca. La amplitud de tales variaciones está relacionada con la intensidad del CME aplicado y algunas horas después de la exposición, la mayoría de las personas mostraron distribución normal de la temperatura. Con el fin de determinar el origen de estas variaciones, observadas tanto en el hombre como en animales, se hicieron experimentos en ranas con exposición a CME de 0,4 T, llegando a establecerse que dichas variaciones podrían estar asociadas con alteraciones del flujo sanguíneo (10). La disminución del flujo sanguíneo se producía en los vasos pequeños dispuestos en la perpendicular al campo magnético aplicado y el



aumento del flujo en los dispuestos en paralelo con la dirección del campo, no observándose variaciones en las arterias y venas grandes. Los cambios observados en el flujo sanguíneo están relacionados con la intensidad del CME: para valores de 0,31 - 0,35 T el efecto era reversible en un 90% de las observaciones realizadas. Con campos de 0,37 T se provocó oclusión en los vasos pequeños dispuestos perpendicularmente al campo aplicado en el 100% de los casos observados. Los estudios realizados con el fin de determinar si estas variaciones eran debidas a estímulos nerviosos o a modificaciones en la viscosidad de la sangre llevaron a la conclusión de que la exposición al CME produce modificaciones en la viscosidad de la sangre. Es bien conocido que la mayoría de las moléculas orgánicas son moléculas diamagnéticamente anisotrópicas por lo que se orientan cuando se exponen a un CME. Las fuerzas de orientación son mayores en el caso de moléculas paramagnéticas. La oxihemoglobina es diamagnética mientras que la carboxihemoglobina es paramagnética. Debido al alto contenido en hemoglobina de los eritrocitos, se puede decir que los eritrocitos oxigenados son diamagnéticos mientras que los deoxigenados son paramagnéticos por lo que al aplicar un CME las moléculas de hemoglobina se orientan totalmente arrastrando al eritrocito completo en su rotación. En el seno de los tejidos, dentro de los capilares de pequeño tamaño, los eritrocitos pierden el oxígeno por lo que se modifican sus propiedades magnéticas pasando de día a paramagnéticos y, en estas condiciones el CME aplicado

los orienta más fácilmente, con el eje mayor en paralelo con la dirección del campo magnético. Como resultado, la velocidad de la sangre aumenta en los capilares dispuestos en la dirección del campo y disminuye en los dispuestos en la perpendicular al campo ya que los eritrocitos se disponen, en este caso, con sus ejes mayores transversales a la luz de los capilares, aumentando así la viscosidad de la sangre y disminuyendo, por tanto, la velocidad de flujo (10). Las modificaciones en la microcirculación podrían ser la causa de las variaciones de temperatura descritas, variaciones que, como se ha indicado anteriormente, son reversibles.

Las propiedades paramagnéticas de los eritrocitos deoxigenados se han utilizado para desarrollar un método de separación de eritrocitos, a partir de sangre normal (11, 12) y de enfermos de anemia falciforme, utilizando un gradiente magnético elevado en un campo de 0,7 T (13).

En algunos pacientes se han descrito pequeñas alteraciones, a las 24 horas de la aplicación de RMN, definidas como: cambios en la temperatura de la piel y corporal; variaciones en la concentración de electrolitos en sangre; dolores musculares y en las articulaciones; cambios en la visión del rojo-verde; fatiga; disminución del apetito; efectos sobre el sistema nervioso central; estrés y disminución en el número de plaquetas (10).

Recientemente, se ha descrito que la permeabilidad de la barrera hematoence-

fálica aumenta en ratas sometidas a RMN con CME de 0,15 y 1,5 T. El estudio con microscopía electrónica reveló que el aumento de permeabilidad se debe a un incremento de la actividad de pinocitosis en las células del endotelio cerebral, proceso calcio dependiente (14).

La capacidad de orientación de las moléculas orgánicas bajo exposición a un CME, parece ser el efecto primario que el campo magnético ejerce en los sistemas biológicos. La capacidad de reorientación de los fosfolípidos bajo un CME aplicado se ha demostrado ampliamente en membranas artificiales elaboradas con fosfolípidos comerciales (15). Puesto que tanto los fosfolípidos como las proteínas experimentan reorientaciones en las bicapas, la respuesta celular a la aplicación de un CME sería una propiedad inherente a la materia viva y podría explicar los datos experimentales acumulados que muestran una amplia variabilidad de respuestas a los CM aplicados, en condiciones experimentales muy diversas, y en modelos experimentales muy diferentes.

Las especiales características de las neuronas, como células altamente especializadas en los intercambios iónicos transmembrana, hacen de ellas un modelo experimental idóneo para el estudio de las respuestas de la membrana plasmática a la aplicación de campos magnéticos estáticos. El registro de la actividad electrofisiológica de las neuronas ocurre en tiempo real y las respuestas bioeléctricas, plasmadas en un papel de registro, son un fiel reflejo de las variaciones inducidas

en los procesos iónicos transmembrana que, a su vez, dependen de procesos metabólicos, algunos de ellos bien establecidos. Se han seleccionado para este trabajo algunos de nuestros resultados sobre la relación observada en las variaciones de frecuencia y/o amplitud, de la actividad electrofisiológica neuronal, con la intensidad del CME aplicado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos realizado los experimentos en neuronas de los ganglios cerebroideos de *Helix aspersa*; las neuronas son casi esféricas, monopolares, ocupan la porción periférica del ganglio con el axón dirigido hacia el neuropilo y su topografía se mantiene de unos ejemplares a

otros. Esta característica permite que los experimentos realizados en una neurona determinada, se puedan repetir en ejemplares diferentes. Una vez realizada la disección, los ganglios se extraen íntegros, se mantienen en un baño, sumergidos en solución Ringer de moluscos (NaCl 80 mM, KCl 4 mM; CaCl₂ 7 mM; MgCl₂ 5 mM; Tris-HCl buffer 5 mM; pH = 8), y se visualizan con una lupa binocular. Los registros intracelulares se realizan utilizando micropipetas de vidrio (resistencia en la punta de 2-20 MΩ, rellenas de una solución conductora de la corriente bioeléctrica de acetato de potasio 1M (pH = 6,8). El equipo de registro se mantiene dentro de una jaula de Faraday para filtrar el ruido electromagnético ambiental externo. Los experimentos se hacen a temperatura ambiente. Los CME testados, de intensidad en el rango de 0,3 a 0,72 T se generan con un electroimán. La cámara conteniendo los ganglios cerebroideos se dispone entre las piezas polares del electroimán que se mantienen continuamente refrigeradas. No se observaron variaciones en la temperatura del baño (de 5 ml. de capacidad) en el tiempo de duración del experimento. Los registros de la actividad bioeléctrica se realizaron antes, durante y después de la aplicación del CME. Los resultados que se muestran están obtenidos desde 5 neuronas diferentes. La duración media de los experimentos ha sido de 30 minutos a 1 hora. En la figura 5 se muestra un experimento que recoge la evolución de la actividad electrofisiológica de una neurona en un período continuado de 4

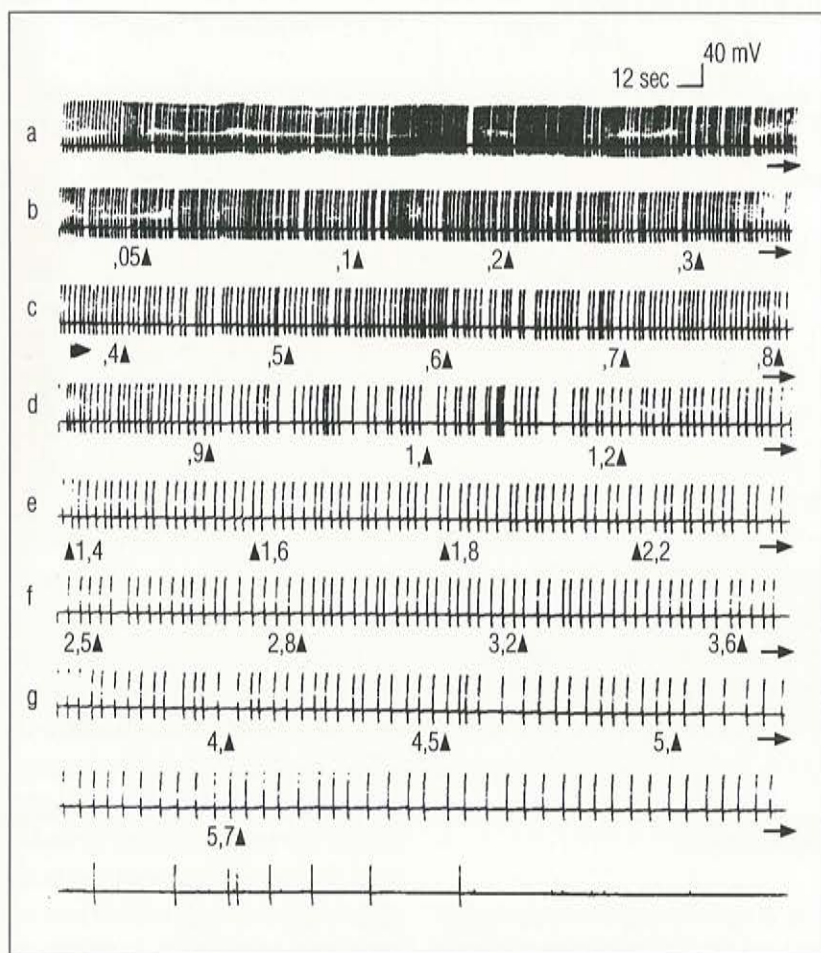


Fig. 1.- Se observa la disminución progresiva de la frecuencia de la actividad bioeléctrica neuronal con el incremento de la intensidad del CME aplicado. El intervalo de tiempo transcurrido entre las intensidades sucesivas crecientes de CME es de 1 minuto. Los valores de CME están expresados en KG. El símbolo (→) indica que los registros son continuos.

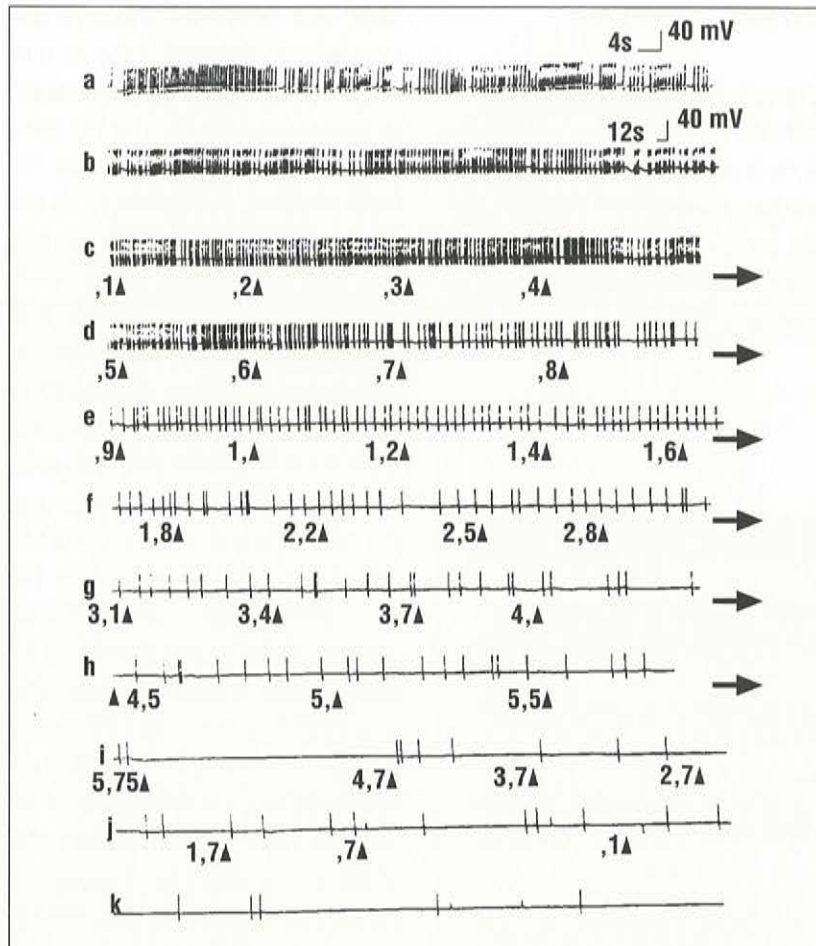


Fig.2.- Se observa que la actividad bioeléctrica es totalmente inhibida con el CME de intensidad máxima (registro i). A medida que disminuye la intensidad del CME aplicado, la neurona recupera su capacidad de producir potenciales (registros i, j, k). El intervalo de tiempo transcurrido entre los CME sucesivos aplicados es de 1 minuto (registros c-h). El símbolo (→) indica que los registros son continuos. Los valores de CME están expresados en KG.

horas 30 minutos. Este experimento pone de manifiesto la estabilidad del método experimental utilizado. El estado metabólico de las neuronas se mantiene renovando frecuentemente la solución Ringer y, en los experimentos de larga duración, con la adición de ácido pirúvico 10 mM.

RESULTADOS

En el experimento que se muestra en la Fig.1 la intensidad máxima del CME aplicado es de 5,7 KG (= 0,57 T) (16). El registro a) muestra la actividad espontánea neuronal. El intervalo de tiempo en la progresión de la intensidad del CME

aplicado es de 1 min. La duración del experimento es de 30 minutos. El símbolo → significa que los sucesivos registros (a-i) son continuos. Se puede observar que la disminución de la frecuencia de los potenciales se inicia para valores de CME de 0,6 KG (= 0,06 T). Con el valor máximo de campo aplicado, la actividad bioeléctrica se inhibe totalmente. Es de destacar que la frecuencia disminuye progresivamente, con el aumento de la intensidad del CME aplicado.

En la Fig.2 se muestra un experimento similar al de la figura 1. La intensidad máxima de CME aplicado es de 5,75 KG (= 0,575 T) (17). Los registros a) y b) muestran la actividad espontánea neuronal. El intervalo de tiempo en la progresión de la intensidad del CME aplicado es también de 1 min. El experimento se prolonga durante 35 minutos. Se puede observar una disminución progresiva de la frecuencia de disparo que se inicia, como en el experimento anterior, con un valor de CME de 0,6 KG (= 0,06 T). La actividad bioeléctrica se inhibe totalmente con el campo máximo. Son de destacar los registros i,j,k, en los que se muestra que, a medida que la intensidad del CME aplicado va disminuyendo, la neurona es capaz de recuperar su capacidad de producir potenciales. El efecto inducido, de inhibición, parece ser reversible. Este aspecto es muy importante desde el punto de vista práctico y se ha registrado en repetidas ocasiones y desde neuronas diferentes.

En la Fig.3 el CME máximo aplicado es de 5,58 KG (= 0,558 T). El registro a)

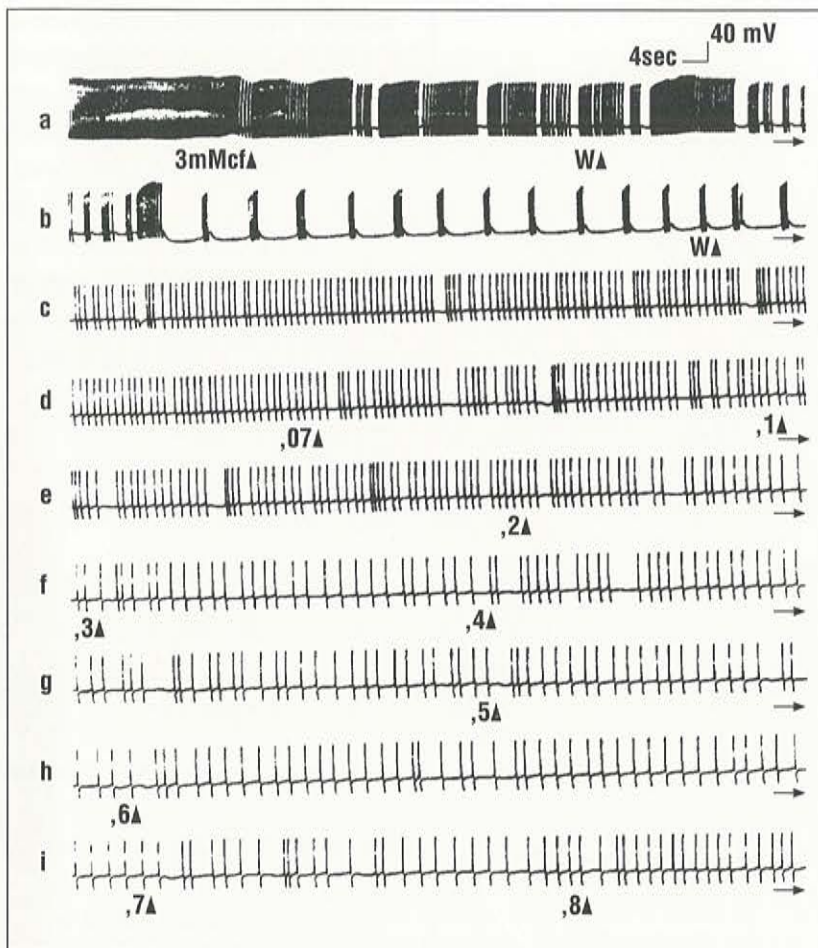


Fig 3. - A) El registro a) muestra la actividad espontánea, natural, de la neurona y el registro b) muestra la respuesta inducida por la aplicación de cafeína 3 mM. La cafeína induce una disminución de la frecuencia de disparo (registros a y b) con el desarrollo de una morfología típica de un proceso dependiente del Ca^{2+} , se observa la hiperpolarización producida por la activación de los canales de K^+ dependientes del Ca^{2+} (registro b). El intervalo de tiempo transcurrido entre los CME sucesivos aplicados es de 1 minuto.

muestra la actividad espontánea, natural, de la neurona y el registro b) muestra la respuesta inducida por la aplicación de cafeína 3 mM. Ya demostramos en experimentos anteriores que el CME mimetiza el efecto de la cafeína en las neuronas

(17) y es lo que se pone de manifiesto, en este experimento inédito hasta ahora. La cafeína induce una disminución de la frecuencia de disparo (registros a y b) con el desarrollo de una morfología típica de un proceso dependiente del Ca^{2+} con

la hiperpolarización inmediata debida a la activación de los canales de K^+ -dependientes del Ca^{2+} (registro b). El intervalo de tiempo en la progresión de la intensidad del CME aplicado es de 1 min, como en los experimentos anteriores. El experimento se mantiene durante 30 minutos. El inicio de la disminución de la frecuencia de la actividad se registra con intensidad de campo de 0,07 KG (= 0,07T). La actividad bioeléctrica es totalmente inhibida con un campo de 5,58 KG (=0,558 T). Todos los registros (a-r) son continuos (→). Se observa, de nuevo, la relación entre la disminución de la frecuencia de la actividad bioeléctrica que es progresiva y depende del aumento de la intensidad del campo aplicado.

En la Fig. 4 la intensidad máxima de CME es de 5,66 KG (= 0,566 T) (17) y el intervalo de tiempo en la progresión de la intensidad del CME aplicado es de 2 min (registros b-e) y de 4 min (registros f-s). Comparando las Figs. 1, 2 y 3 con la 4 merece la pena destacar que se observa una relación de dependencia entre la intensidad del campo aplicado, el tiempo de aplicación y la modificación de la frecuencia de la actividad neuronal. De hecho la actividad neuronal en el experimento mostrado en la Fig. 4 se mantiene durante 70 min, tiempo doble en relación con los experimentos anteriores. El registro a) muestra la actividad espontánea, natural de la neurona. Es de destacar que en esta neurona la respuesta de la actividad frente al CME es inicialmente de lentificación de la frecuencia (registros a-e) seguido de estimulación de la frecuencia para valores de 0,7 KG (= 0,07

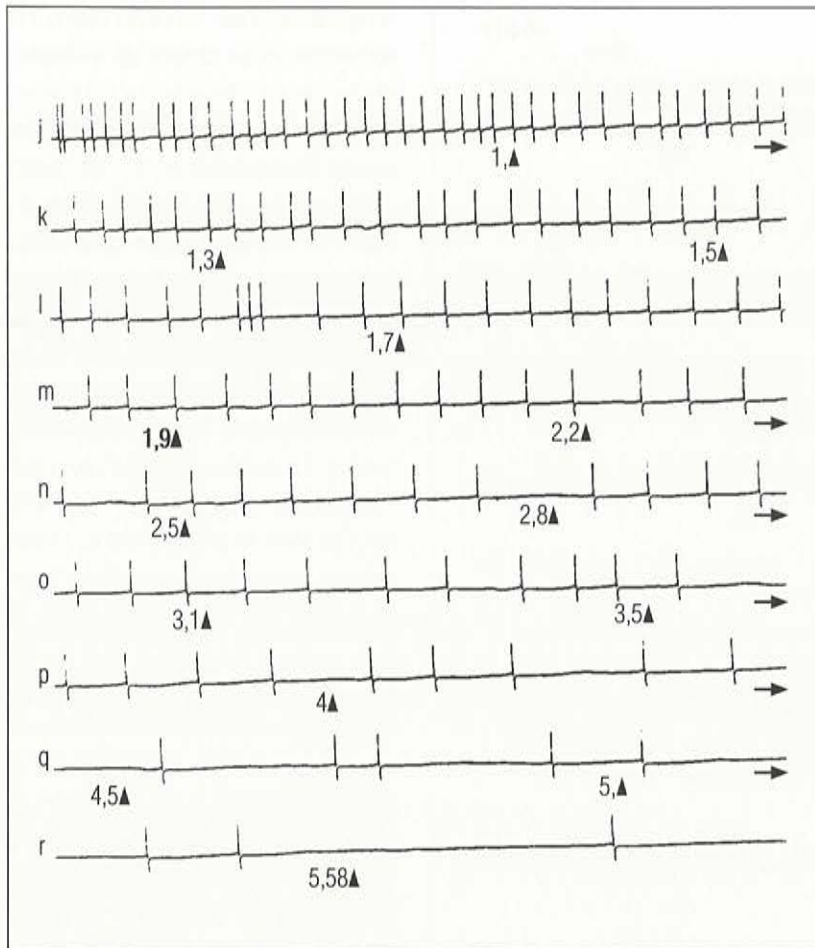


Fig 3. – B) En los registros de la figura B) se muestra el descenso progresivo de la frecuencia de la actividad bioeléctrica con el incremento del CME aplicado. Todos los registros (a-r) son continuos (→). Los valores de CME están expresados en KG.

T) (registros f-r). La actividad neuronal es totalmente inhibida con la intensidad de campo de 0,566 T.

En la Fig. 5 la intensidad máxima de CME aplicado es de 7,28 KG (= 0,728 T) y el intervalo de tiempo en la progresión de la intensidad del campo aplicado fue de 3 min (registros a-h)(17). Este experimento duró 4 horas 30 minutos (en la

gráfica no se ha incluido el registro inicial del experimento). El registro i) está tomado después de mantener la neurona expuesta al CME de 0,728 T durante 30 minutos. Este experimento es interesante porque pone de manifiesto la estabilidad del modelo experimental utilizado. Es de destacar además que, en comparación con las neuronas mostradas en los experimentos anteriores que responden en

frecuencia (aumento o disminución de la frecuencia lo que induce respectivamente estimulación o inhibición de la actividad electrofisiológica neuronal), la respuesta mostrada en este experimento es una respuesta en amplitud. La frecuencia se mantiene prácticamente constante frente a la notable disminución de la amplitud en la neurona sometida durante 30 minutos a la acción del CME de intensidad de 7,28 KG.

DISCUSIÓN

En una primera serie de experimentos se aplicaron CME del orden de 0,3 T alcanzándose el máximo de la intensidad de campo en el intervalo de tiempo de 1 min (18). De los resultados obtenidos se concluyó que el 70% de las neuronas son de respuesta rápida, específica, mediada por el Ca^{2+} y caracterizada por la variación de la frecuencia: el 50% de las neuronas son inhibidas y el 20 % son estimuladas bajo acción del CME. El 30% de las neuronas restantes se definieron como de respuesta lenta, inespecífica (así definida porque no está mediada por el Ca^{2+}), y caracterizada por la disminución de la amplitud de los potenciales bioeléctricos.

Hemos demostrado experimentalmente que la inhibición de la actividad bioeléctrica, por disminución de la frecuencia de la actividad neuronal, se debe al aumento de la conductancia de la membrana al K^+ , en un proceso dependiente de la concentración del Ca^{2+} citosólico (18). La aplicación de tetraetilamonio (18) y d-tubocua-

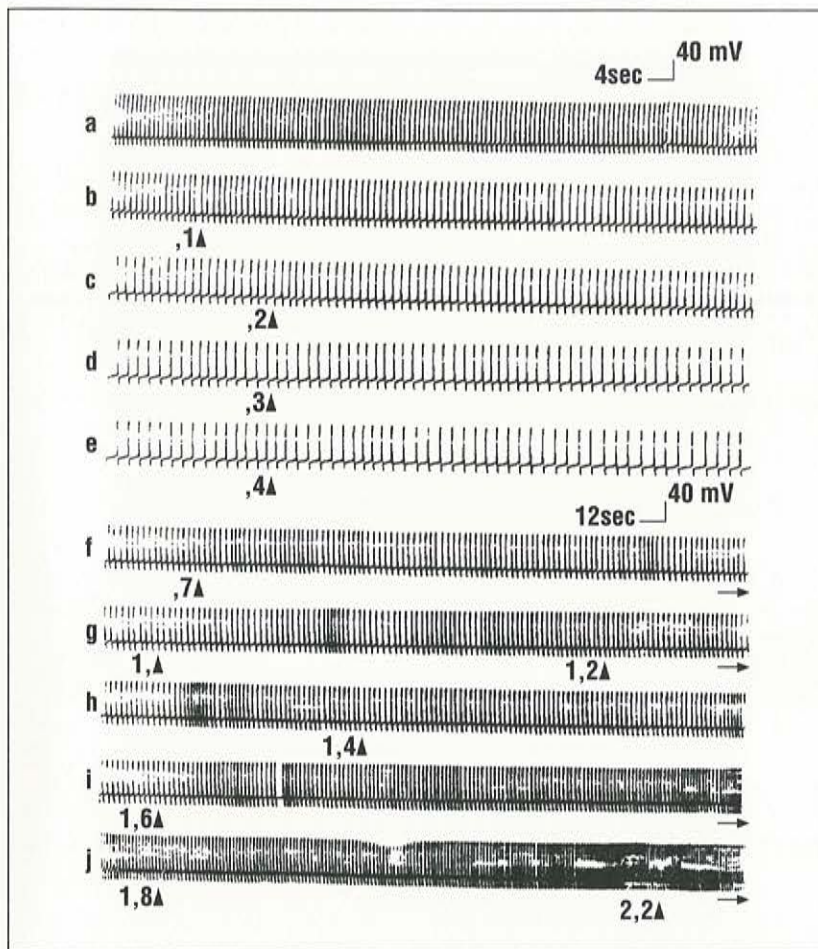


Fig. 4A.- El intervalo de tiempo transcurrido entre los CME sucesivos aplicados es 2 min (registros b-e) y de 4 min (registros f-s). Los valores de CME están expresados en KG. El símbolo (→) indica los registros que son continuos. El registro a) muestra la actividad espontánea de la neurona. Inicialmente (registros b-e) se observa una disminución de la frecuencia; es de destacar la respuesta bipolar de esta neurona: a partir de valores de 0,7 KG la frecuencia aumenta.

rarina (19) nos permitió determinar que la conductancia de la membrana frente a los iones de K^+ aumenta en la subpoblación de canales de K^+ -dependientes de Ca^{2+} .

Por otra parte observamos, en una serie de experimentos (mediante la modi-

ficación de: la concentración del Na^+ extracelular y la aplicación del bloqueante de los canales de Ca^{2+} , verapamil), que las respuestas excitadoras, definidas por el incremento de la frecuencia de los potenciales de acción, son también Ca^{2+} dependientes (18). Se puso de manifiesto que el CME mimetiza el efecto de la cafe-

ína: todas las neuronas que son estimuladas por la cafeína lo son por el CME; lo mismo ocurre con las neuronas que son inhibidas por la cafeína, el CME las inhibe selectivamente (20).

Los resultados más consistentes, a nivel molecular, de los estudios realizados aplicando campos electromagnéticos y campos magnéticos estáticos con el fin de estudiar sus efectos en los procesos electrofisiológicos de diversos tejidos y células, inciden en la alteración importante de la movilización del Ca^{2+} citosólico inducida por el campo aplicado, cualquiera que sea su naturaleza. Por algún mecanismo bajo exposición a los campos citados se produce un incremento en la concentración citosólica del calcio libre (1). Que unas neuronas sean estimuladas y otras sean inhibidas, depende de las características metabólicas intrínsecas de las propias neuronas y de la arquitectura molecular de las membranas plasmáticas. Por las observaciones realizadas experimentalmente y de los datos extraídos de la bibliografía, se puede inducir que estas respuestas se producen en neuronas en las que el Ca^{2+} tiene una función importante como 2º mensajero citosólico. La estimulación, según han explicado otros autores, se puede producir por la activación de corrientes CAN inespecíficas (21) que conducen a la despolarización de la membrana plasmática en una subpoblación de neuronas en las que la despolarización depende tanto del Na^+ como del Ca^{2+} . La inhibición está mediada por canales de K^+ dependiente de Ca^{2+} y se debe al aumento de la conductancia de la membrana a los iones de



K⁺ como respuesta al aumento del Ca²⁺ libre citosólico. Se ha descrito, recientemente, la localización de ambos tipos de canales: de Ca²⁺ y de K⁺-dependientes de Ca²⁺ en agregados moleculares formando "clusteres". Esta disposición, en palabras de los autores, impide la estimulación prolongada de la membrana al estar acoplado el incremento del calcio, y la posible despolarización de la membrana plasmática, con la apertura de los canales de K⁺ que al hiperpolarizar la membrana regularán la excitabilidad (22). La arquitectura molecular de las membranas plasmáticas, expresada en términos de los tipos de canales iónicos y la densidad relativa de los mismos, consideramos que son los determinantes de que cada subpoblación neuronal responda con un patrón fisiológico determinado como hemos mostrado que ocurre en los experimentos bajo exposición a CME.

En un intento de explicar el mecanismo por el cual un CME puede movilizar iones de Ca²⁺ y aumentar la concentración del calcio libre citosólico, se ha tenido en cuenta que un CME del orden de magnitud de los utilizados en nuestros experimentos (0,1-0,7 T), es claramente incapaz de producir la liberación de Ca²⁺ desde los sitios enlazantes en la membrana neuronal por ruptura de enlaces iónicos. Teniendo en cuenta esta consideración, hemos desarrollado un modelo teórico que explica la liberación del Ca²⁺ enlazado a la membrana plasmática por medio de un mecanismo combinado de: reorientación de los fosfolípidos y las proteínas de la bicapa (debido a que son moléculas diamagnéticamente aniso-

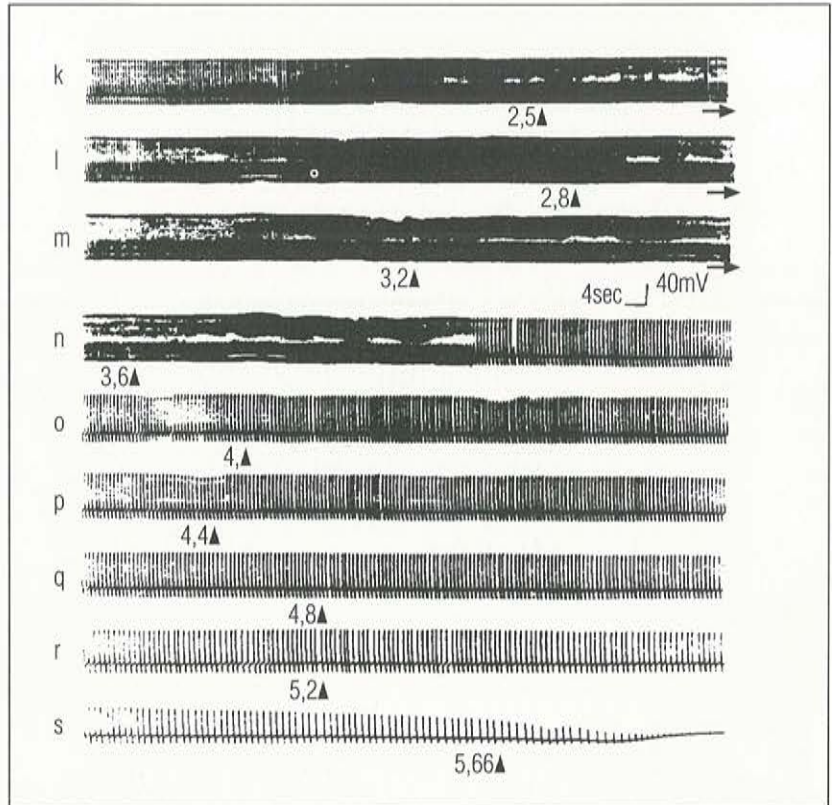


Fig.4 B.

tópicas); superdiamagnetismo cooperativo de las moléculas de la bicapa (15) y repulsión coulombiana de los iones de Ca²⁺ enlazados a ambos lados de la membrana ((2)

Debido al diamagnetismo anisotrópico y al superdiamagnetismo cooperativo, que presentan las moléculas de lípidos y proteínas, estas moléculas forman grupos o clusteres correlacionados en las membranas biológicas (1,2,23). Esto permite a los clusteres orientarse en presencia de un campo magnético, \vec{B} , de una forma tal que es función del "parámetro de orden"(24):

$$\frac{E_c}{k_B T} = -N_c V B^2 \frac{(\chi_{||} - \chi_{\perp})}{2\mu_0 k_B T}$$

es decir, la relación entre la energía de anisotropía diamagnética del cluster de lípidos E_c , y la energía de fluctuación térmica $k_B T$. Para una molécula individual, a temperatura ambiente, este parámetro es menor que la unidad y el grado de orientación en presencia de un CME, incluso fuerte, es pequeño. Pero si el número, N_c , de moléculas en el cluster es suficientemente grande, el parámetro de orden es elevado y se puede alcanzar la orientación total de conjuntos macromo-

leculares en campos relativamente pequeños como de ≈1T. Por otra parte, el modelo está basado en la fuerte repulsión que los iones de Ca²⁺, situados a ambos lados de la membrana y enlazados electrostáticamente a lípidos de la membrana (a moléculas de ácido siálico de los gangliósidos en el medio extracelular; fosfatidiletanolamina en el medio intracelular y fosfatidilinositol), pueden experimentar cuando los extremos opuestos de tales dipolos, dispuestos como vecinos más próximos (N.N) se acercan lo suficiente como para sufrir una fuerza de repulsión electrostática con una energía electrostática mayor que la energía de enlace iónico que las mantienen unidas a la superficie de la membrana.

Cuando un campo magnético, \vec{B} , es aplicado siguiendo uno de los diámetros de la neurona (las neuronas de *Helix* son prácticamente esféricas), las moléculas de la membrana anisotrópicamente diamagnéticas rotarán tratando de disponer sus ejes mayores en su posición de energía magnética mínima, en relación con las líneas del CME aplicado. Para las moléculas de fosfolípidos, supuestas cilíndricas, se cumple que $|\chi_{\perp}| > |\chi_{\parallel}|$, esto significa que para conseguir su disposición de energía magnética mínima las moléculas de fosfolípidos se reorientarán en la bicapa adquiriendo una disposición perpendicular a las líneas del campo magnético aplicado. La conducta de las proteínas de la bicapa es la opuesta; para estas moléculas se cumple que $|\chi_{\perp}| < |\chi_{\parallel}|$, por lo que las proteínas se reorientarán en la bicapa adquiriendo una

disposición paralela a las líneas del campo aplicado. Debido a su mayor peso molecular el mecanismo de reorientación de las moléculas de proteínas será un proceso más lento que el de reorientación de las moléculas de lípidos.

Como consecuencia de la reorientación de las moléculas de fosfolípidos en la bicapa puede ocurrir que los iones de Ca²⁺, dispuestos a ambos lados de la bicapa como vecinos más próximos (N.N.), se aproximen lo suficiente como para sufrir fuerzas de repulsión coulombiana, más fuertes que las fuerzas iónicas de enlace en cuyo caso se liberarán por explosión coulombiana a ambos lados de la membrana y en cantidades iguales. Esta situación se ve favorecida por el hecho de que los iones de Ca²⁺, que estamos considerando, están separados por moléculas de lípidos cuya constante dieléctrica es mucho más pequeña que la del agua ($\epsilon_r \approx 6$ en media (25) frente a $\epsilon_r \approx 80$ para las moléculas de agua). Los cálculos realizados (1,2,23) han demostrado que este mecanismo es posible.

La probabilidad de que el proceso ocurra es del 50%, siendo la misma para una rotación tal que permita que los iones de Ca²⁺ se dispongan en una posición más alejada. Suponemos que la pareja de moléculas de lípidos de la bicapa rota rígidamente, debido a las interacciones fuertemente hidrofóbicas entre las colas de ácidos grasos. Si llamamos ϵ_i y ϵ_f , respectivamente, a las energías coulombianas de repulsión en sus estados inicial (estado fundamental) y final (excitado) y d_i y d_f a las distancias

inicial y final entre los iones de Ca²⁺-Ca²⁺, situados a ambos lados de la membrana como N.N., se puede demostrar fácilmente que el aumento de energía electrostática relativo del par según la fórmula de interacción coulombiana es:

$$\frac{\epsilon_f - \epsilon_i}{\epsilon_i} = \frac{\Delta E}{E} = \frac{2p / \sin \theta}{d_i (d_i + d_f)}$$

donde l es la longitud correspondiente a la distancia entre los centros iónicos de Ca²⁺, enlazados a ambos lados de la bicapa; p es la distancia media, sobre la superficie de la neurona, entre los centros enlazantes vecinos más próximos y θ es el ángulo polar del eje de la molécula desde el ecuador de la esfera considerada. Se ha calculado que el ángulo crítico por debajo del cual no hay repulsión es de $\theta_c = 29,5$ grados, lo cual significa que la explosión puede ocurrir dentro de casquetes esféricos de ≈120 grados alrededor del eje mayor de la célula, o en otras palabras, sobre el ≈67 % del área total de la membrana. Suponiendo que las moléculas de lípidos enlazantes de Ca²⁺ es del ≈14 %, en la superficie citosólica de la membrana, y del ≈15 % en la superficie externa (26), y que las interacciones activas para la liberación de Ca²⁺ se pueden dar en el 67 % de la superficie de la membrana, resulta una expectativa de liberación de cerca de 0,7 iones de Ca²⁺ por cada 100 moléculas de lípido en una membrana saturada de calcio. Considerando una neurona de *Helix* con un soma de ≈100 μ de diámetro, se puede estimar que el número de lípidos es de alrededor de



$1,6 \times 10^{11}$ para la superficie total de la membrana. Para una liberación máxima de Ca^{2+} de $0,7 \text{ Ca}^{2+}/10^2$ lípidos, obtenemos que la cantidad de Ca^{2+} que se puede liberar al seno del citosol es de cerca de $2 \times 10^3 \text{ Ca}^{2+} / \mu\text{m}^3$. Esta concentración supone un aumento en un factor de 10 de la concentración normal de Ca^{2+} libre citosólico y es, aproximadamente, del mismo orden de magnitud que la variación de Ca^{2+} inducida metabólicamente por las células y necesaria para que estos iones actúen como segundos mensajeros químicos intracelulares o produzcan un potencial de acción en el caso de una neurona (26).

Es de destacar que el caso de las proteínas es el opuesto al de los lípidos. Las proteínas alcanzarán su reorientación máxima en las capas comprendidas por debajo de los $\cong 30$ grados en los que no hay repulsión coulombiana entre los lípidos. Al considerar la neurona con simetría esférica, en esta superficie los lípidos están naturalmente dispuestos en la perpendicular con respecto a las líneas del campo magnético. Como hemos señalado anteriormente, el estado de energía magnética mínima para las proteínas requiere que estas moléculas se dispongan en paralelo con las líneas del CME aplicado. Esto supone que la reorientación de las proteínas ocurrirá también en capas de aproximadamente 60 grados para cada semiesfera, es decir, en una superficie total de la membrana igual que para los fosfolípidos de $\cong 120$ grados.

Se ha descrito que la aplicación de un campo magnético sinusoidal en el rango

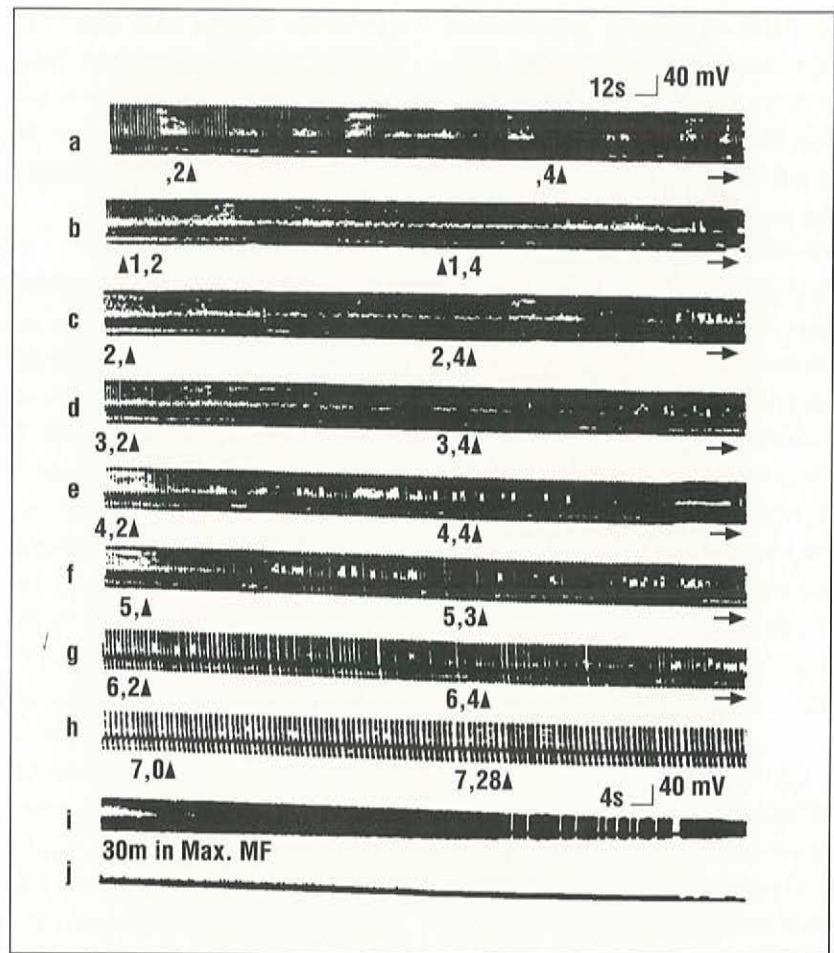


Fig.5. - El intervalo de tiempo transcurrido entre los CME sucesivos aplicados es de 3 min (registros a-h). Este experimento duró 4 horas 30 minutos. El registro i) se ha realizado después de mantener la neurona expuesta al CME de 7,28 KG durante 30 minutos. Se observa que mientras la frecuencia se mantiene relativamente constante, la amplitud de los potenciales disminuye notablemente con el CME de máxima intensidad. El símbolo (→) indica los registros que son continuos. Los valores de CME están expresados en KG.

de los 60 Hz puede disminuir la eficacia ATP-ásica de la bomba de $\text{Na}^+\text{-K}^+$ (27). Consideramos que de la misma forma, en la membrana de las neuronas sometidas a CME, la reorientación de las bombas $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP-}asas$, debido a la exposición al CME aplicado puede disminuir la eficacia del bombeo. En con-

secuencia se eleva la concentración citosólica de Na^+ , disminuye el gradiente del Na^+ transmembrana y de ahí la amplitud de los potenciales de acción. Este efecto se ha descrito en las neuronas definidas como de respuesta lenta, inespecífica, porque consideramos que no depende del calcio (Fig.5). Como

sabemos las bombas de $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}$ -asas son las proteínas mayoritarias en las membranas plasmáticas, en media, 1/3 del ATP celular total se consume en mantener las concentraciones intracelulares de Na^+ y K^+ . En células como las neuronas, especializadas en la generación y propagación de impulsos nerviosos que implican directamente a estos dos iones, es de esperar que la densidad de estas bombas en las membranas plasmáticas, y por lo tanto, el consumo energético, sean incluso mayores (26). Estos datos concuerdan con las observaciones experimentales reseñadas. Se ha desarrollado un modelo explicatorio de la variación de la amplitud de los potenciales con la intensidad del CME aplicado (28).

CONCLUSIONES

Nuestros resultados nos han permitido poner de manifiesto que las neuronas de *Helix aspersa* presentan sensibilidad diferencial a la aplicación de CME en los rangos de intensidad de los aplicados en RMN. El tipo de respuesta depende de las propiedades intrínsecas de las neuronas, es decir, de sus características metabólicas en cuanto a su dependencia de los iones de Ca^{2+} libres en el citosol, por una parte, y de las características de la organización molecular de la membrana plasmática, referida a tipos y densidad de canales iónicos, por otra.

Un campo magnético es esencialmente una fuerza orientadora y, el modelo que proponemos, se basa en la capaci-

dad del CME aplicado de reorientar las moléculas de la bicapa de la membrana plasmática. Por sus propiedades de anisotropía diamagnética y debido a su susceptibilidad diferencial, los fosfolípidos de la membrana se disponen perpendiculares a las líneas del campo magnético mientras que las proteínas tienden a adquirir una disposición paralela a las mismas, alcanzando así, respectivamente, una posición estable de energía magnética mínima. De este modelo se deduce que la magnetosensibilidad debe ser una propiedad general de las células. De ahí que las respuestas fisiológicas dependerán de la especialización celular.

Uno de los aspectos más interesantes del modelo que hemos propuesto en trabajos sucesivos es que explica las variaciones de la conductancia iónica de la membrana en términos de modificaciones del metabolismo neuronal, sin necesidad de recurrir a un aporte de energía externa como resultado de la interacción del CME con las membranas. Se explica, además, de forma cuantitativa, la dependencia de la frecuencia de disparo con la intensidad del campo aplicado y se ha desarrollado un modelo que explica la disminución de la amplitud de los potenciales como consecuencia de la reorientación de las bombas de $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}$ -asas en la membrana neuronal.

De nuestros resultados no se puede deducir que la exposición del cerebro humano, o el de una rana en levitación, a CME en el rango de 1 T sea perjudicial o beneficiosa. Nuestros

experimentos demuestran que algunas neuronas "sienten" los CME, y reaccionan a la exposición con respuestas fisiológicas. Al igual que las neuronas de *Helix aspersa*, algunas neuronas de otras especies pueden ser "magneto-sensibles". A diferencia del campo eléctrico, un campo magnético o electromagnético no es apantallado por los tejidos o el cráneo, la materia viva es totalmente permeable a los campos magnéticos, sean estáticos o sinusoidales. Todo tipo de célula está expuesta cuando el cuerpo es sometido a RMN. De algunos de los datos aportados se podrían extraer conclusiones prácticas. Por ejemplo, si la permeabilidad de la barrera hematoencefálica (BHE) aumenta, en presencia de un CME, tal vez pudiera extraerse alguna aplicación para favorecer la incorporación, al sistema nervioso central, de moléculas de interés terapéutico para las cuales la BHE es impermeable.

En el Current Advances in Neuroscience de enero de 1994 (11) 1, se incorporaba por vez primera, como entrada en las referencias bibliográficas el término: neuromagnetismo (Neuromagnetism and Neurophysics). El neuromagnetismo, definido como el estudio de las señales magnéticas generadas por las corrientes producidas por los desplazamientos de los iones en las células nerviosas está plenamente aceptado (29), la estimulación magnética se está aplicando clínicamente y la magnetoencefalografía se está desarrollando experimentalmente con el fin de llegar a aplicarla en el diagnóstico clínico (29,30).



REFERENCIAS

1. Azanza M. J. y del Moral A. (1994), Cell Membrane biochemistry and neurobiological approach to biomagnetism. *Prog. Neurobiol.* (44), 517-601.
2. Del Moral A. y Azanza M.J. (1992) Model for the effect of static magnetic fields on neurons. *J. Magn.Magn.Mat.* (114), 240-242.
3. Azanza M.J. (1995) Efectos de campos magnéticos constantes a nivel de la membrana celular. Modelo de mecanismo de liberación de calcio en neuronas. En : *Radiaciones no Ionizantes. I Jornada Científica, Madrid.*
4. Vaquero López J.J. (1995), Resonancia Magnética Nuclear: mecanismo de actuación y uso clínico. *I Jornada Científica, "Radiaciones No Ionizantes", Madrid.*
5. Edelman R. (1984) The clinician's guide to the theory and practice of NMR scanning. *Disc. Neurosci.* 1 (1), 1-48.
6. Bydder G.M. (1990) Interpretation and clinical application of magnetic resonance imaging. *I.E.E.E. Trans. Magn.* 25 (5), 2089-2091.
7. Von Klitzing L. (1986) Do static magnetic fields of NMR influence biological signals?. *Cli. Phys.Physiol. Meas.*, 7 (2) 157-160.
8. Von Klitzing L. (1986) Static magnetic fields influence the evoked potentials of man. En: *Biophysical Effects of Steady Magnetic Fields.* Eds.: G.Maret, N.Boccara y J. Kiepenheuer. 122-124. Springer Verlag, Berlin.
9. Wunsch-Binder F. (1986) The influence of static magnetic fields on skin temperature and blood flow in man. En: *Biophysical Effects of Steady Magnetic Fields.* Eds.: G.Maret, N.Boccara y J. Kiepenheuer. 125-128. Springer Verlag, Berlin.
10. Wendhausen H. (1986) Magnetic field-induced blood flow changes in frogs and red-green vision of man after NMR-tomography. En: *Biophysical Effects of Steady Magnetic Fields.* Eds.: G.Maret, N.Boccara y J. Kiepenheuer. 129-131. Springer Verlag, Berlin.
11. Melville D., Paul F. y Roath S. (1975) Direct separation of red cells from whole blood. *Nature* (255), 706.
12. Melville D., Paul F. y Roath S. (1982) Fractionation of blood components using high gradient magnetic separation. *IEEE Trans.Magn.* (18) 1680-1681.
13. Paul F., Roath S., Melville D., Warhurst D.C. y Osisanya J.O. S.(1981) Separation of malaria-infected erythrocytes from whole-blood: Use of a selective high-gradient magnetic separation technique. *Lancet* (2) 70-71.
14. Prato F.S., Wills J.M., Roger J., Frappier H., Drost D.J., Lee T.Y., Shivers R.R. y Zabel P. (1994) Blood brain barrier permeability in rats is altered by exposure to magnetic fields associated with magnetic resonance imaging at 1,5 T *Micros. Res. Tech.* (27) 528-534.
15. Braganza L.F., Blott B.H., Coe T., y Melville D. (1984) The superdiamagnetic effect of magnetic fields on one and two component multilamellar liposomes. *Biochim. Biophys. Acta* (801) 66-75.
16. Azanza M.J. y del Moral A (1995) Neuron firing frequency dependence on the static magnetic fields intensity *J.Magn. Magn. Mat.* (140-144) 1464-1465
17. Azanza M.J. (1993) The molecular basis of neuronal magnetosensitivity *Trends Comparat. Biochem. Physiol.* (1) 1083-1098
18. Azanza M.J. y del Moral A (1988) Effects of static magnetic fields on isolated neurones *J Phys. (Paris)* (C8) 2059-2060
19. Azanza M.J. (1990) Characterization of neuronal membrane K⁺ and Ca²⁺ channels operated under steady magnetic fields exposure *J.Magn.Magn.Mat.* (83) 527-529
20. Azanza M.J. (1989) Steady magnetic fields mimic the effect of caffeine on neurones *Brain Research* (489) 195-198
21. Swandula D. y Lux H.D. (1985) Activation of a non-specific cation conductance by intracellular Ca²⁺ elevation in bursting pacemaker neurons of *Helix pomatia*. *J.Neurophysiol.*(54) 1430-1443
22. Gola M. Y Crest M.(1993) Colocalization of active KCa channels and Ca²⁺ channels within Ca²⁺ domains in *Helix* neurons

23. Azanza M.J., Blott B.H., del Moral A. y Peg.M.T. (1993) Measurement of the red blood cell membrane magnetic susceptibility. *Bioelectrochem.and Bioenergetics*.(30) 45-53
24. Tenforde T.S. (1989) Biological responses to static and time-varying magnetic fields.En: *Electromagnetic Interactions with Biological Systems*. J.C.LIN. (Ed.) pp. 83-107. Plenum Press. New York
25. Martin A.N. (1967) *Principios de Físico-química para Farmacia y Biología*,pp.118-364.Ed.Alhambra.Madrid
26. Alberts B., Bray D., Lewis J., Raff M., Roberts K, Watson J.D. (1989) En: *Molecular Biology of the Cell*. Garland,New York & London
27. Azanza M.J. y del Moral A (1996) Isolated neurone amplitude spike decrease under static magnetic fields *J.Magn.Magn.Mat.* (157-158) 593-594
28. Papanicolaou A.C. (1995) An introduction to magnetoencephalography with some applications. *Brain and Cogn.* (27) 331-352
29. Blank M., Soo L.(1993) The Na,K-ATPase as a model for electromagnetic field effects on cells. *Bioelectrochem. y Bioenergetics*, (30) 85-92
30. *Bioelectromagnetismo y Salud Pública: efectos, prevención, diagnóstico y tratamiento*.(1997). Ed. J. L. Bardasano. I.B.A.S.C. Madrid



POLARIZACIÓN DE RAYOS X EN DIAGNÓSTICO MÉDICO

Sobre la base de la óptica de los rayos X se analiza la posibilidad de que la utilización de rayos X polarizados pueda resultar un mecanismo útil de protección radiológica en el radiodiagnóstico médico; en el marco de las relaciones de Krämers-Kröning y de las ecuaciones de Fresnel, se toma en cuenta el papel de la permeabilidad magnética en el índice de refracción complejo y sus implicaciones sobre el factor de reflexión, encontrándose que el Gadolinio, entre 20 y 21 °C, puede ser un polarizador adecuado. Para condiciones particulares, se obtienen resultados coherentes con otros estudios en el dominio de la óptica de los rayos X.

Based upon the x rays optic the possibility that x rays polarization becomes an useful tool of radiological protection in diagnostic radiology is analyzed. By means of the Kramers-Kroning relation and Fresnel equations the roll of magnetic permeability in the complex refraction index and their implications on the reflection factor is taken in account, and it has been found that Gadolinium, between 20 and 21 °C, can be a suitable polarizing target. Coherent findings with others developments in the x rays optic field it has been got for particular conditions.

Miguel Guasp
Servicio de Protección
Radiológica del Hospital
La Fe-Servicio
Valenciano de Salud.
Avda. de Campanar, 21.
46009 Valencia.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de algunos estudios radiobioquímicos mediante técnicas de fluorescencia por rayos X (XRF), se ha descrito en ocasiones la utilización de rayos X parcialmente polarizados como un método para minimizar el efecto de la radiación dispersa; así, Christoffersson y también Jonson, Mattsson y Unsgaard [1] han utilizado este recurso como una técnica complementaria a la de XRF valiéndose de tubos de rayos X operando en energías del orden de las utilizadas en radiodiagnóstico: básicamente, el método consiste en que el haz de radiación es parcialmente polarizado por dispersión del haz primario -bajo un ángulo de 90° - en tres ejes mutuamente ortogonales antes de alcanzar el detector. En concreto, estos últimos autores, aún reconociendo la imperfección del método utilizado, han registrado una reducción de la radiación dispersa del orden del 40% respecto a la que se obtiene utilizando radiación no polarizada.

La polarización de rayos X es básicamente una consecuencia de la teoría ondulatoria de la radiación y fue observada por primera vez por Barkla en 1904. En el modelo clásico de la polarización el haz dispersado bajo un ángulo de 90° -ángulo de incidencia de 45° - está polarizado linealmente; por ello, una nueva dispersión bajo otro ángulo de 90° en un plano perpendicular al anterior da una dispersión idealmente nula. Para sustancias dispersoras de número atómico bajo y en el rango de

rayos X de longitudes de onda superiores a $0,2 \text{ \AA}$, la intensidad de la radiación dispersada con esa configuración concuerda excelentemente con la predicción del modelo. Esta coincidencia es especialmente notable para los rayos X de $0,71 \text{ \AA}$ que se corresponden con la energía de la raya $K\alpha$ del ánodo de Molibdeno.

Aun cuando, en lo que respecta a la interacción con la materia, la teoría ondulatoria de la radiación sea de limitada aplicación para los rayos X y haya quedado desplazada para ese rango de energías por el modelo cuántico, su validez para los rayos X blandos ($\lambda > 1 \text{ \AA}$) es ampliamente reconocida; para mayores energías, en la región de los rayos X duros ($\lambda \ll 1 \text{ \AA}$) se tiene el convencimiento de que el modelo formal también es aplicable [2]; de hecho, las relaciones de Krámers-Kröning, en las que se basa el análisis de la teoría electromagnética, fueron inicialmente formuladas para rayos X [3, 4], aunque su aplicación se ha visto afectada por la ausencia de información en este rango de energías que típicamente ha condicionado al estudio de las propiedades ópticas de los rayos X en una red cristalina desde hace décadas [2, 4].

Todo ello resulta extraordinariamente notable si se considera la posibilidad de trasladar determinados logros de la Óptica al ámbito de los rayos X, en el rango de energías de radiodiagnóstico. Bajo ese prisma, se viene considerando desde hace algunos años la posibilidad de que la polarización de rayos X

pueda ser un mecanismo útil en el radiodiagnóstico médico. Dos son, en principio, las ventajas que reportaría dicha posibilidad; en primer lugar -y al menos como en el caso previamente citado- una disminución de la radiación dispersa sobre las imágenes radiográficas y, en consecuencia, un aumento del contraste de las mismas. Pero, en segundo lugar, esa misma disminución de la radiación dispersa representa ya por sí misma un aumento de la protección radiológica en general y, en particular, si se considera que en el plano perpendicular al de polarización la dispersión debe ser mínima (idealmente nula) bajo un ángulo de dispersión de 90° ; estas consideraciones resultan especialmente notables en el caso del intervencionismo en el que aportarían una nueva óptica en la protección radiológica del personal profesionalmente expuesto.

Resulta obvio sin embargo, que la cantidad de radiación dispersada por el polarizador, según las consideraciones anteriores, es extremadamente pequeña para poder trasladar sin más los citados resultados de los análisis por XRF al diagnóstico médico. El ánimo del presente trabajo es, pues, estudiar las condiciones bajo las cuales dicha aplicación sería posible.

El planteamiento propuesto consiste en suponer que el haz que incide sobre el paciente ha sido previamente polarizado por reflexión, en lugar de la dispersión bajo un ángulo de 90° . La reflexión es estudiada por incidencia sobre

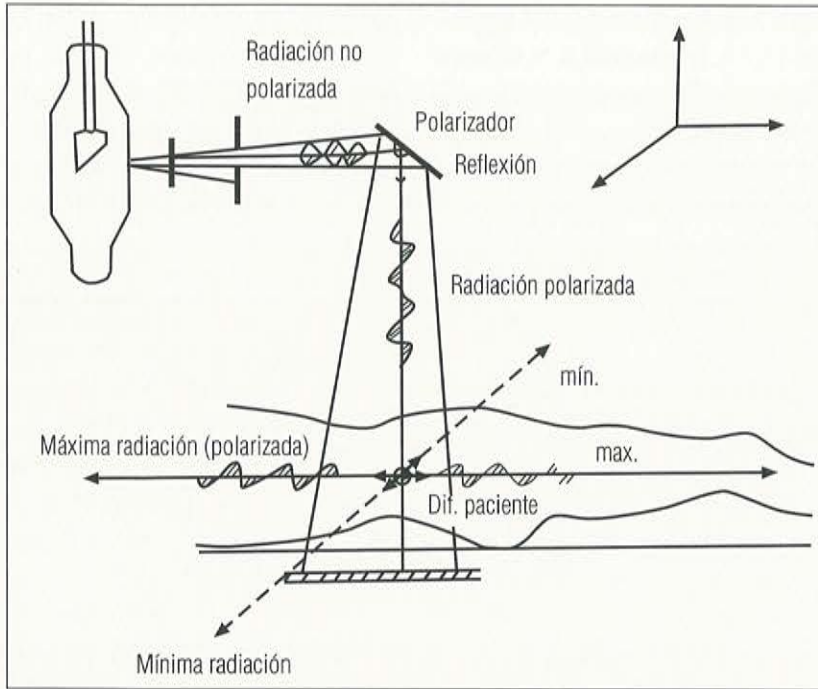


Figura 1.- Esquema de la configuración propuesta. El haz natural de radiación -no polarizada- incide sobre el polarizador bajo el ángulo de polarización ψ_{pr} , con su vector eléctrico perpendicular al plano de polarización $\pi(x,y)$ y el polarizador colocado perpendicularmente a dicho plano. En estas condiciones se obtendrá mínima radiación dispersada por el paciente en la dirección z , resultando una configuración adecuada para la protección del personal de operación; por el contrario, en la dirección del eje x se obtendrá la misma radiación dispersa que en el caso de utilización de radiación natural no polarizada (máx. radiación en la figura). Por otro lado, si se elige $\pi(z,y)$ como plano de polarización, resultará mínima radiación dispersa en la dirección del eje x , resultando una configuración adecuada para la protección de los órganos del paciente fuera del haz directo de radiación.

un medio conductor y se analizan las condiciones bajo las cuales el factor de reflexión es suficientemente aceptable. El haz que incide sobre el paciente es ahora dispersado como en el caso anterior y, por lo tanto, se esperará mínima intensidad en la dirección de 90° en un plano ortogonal al anterior. Obviamente, la configuración geométrica del dispositivo se mantiene, si se elige el

plano de reflexión de manera que el plano de polarización del haz reflejado coincida con el caso de la dispersión (figura 1).

POLARIZACION POR REFLEXION

Los análisis teóricos de la reflexión de rayos X sobre superficies especulares

están basados en la teoría clásica del electromagnetismo. El tratamiento *standard*, cuando se trata de resolver los ajustes en la frontera entre un medio transparente y uno absorbente, consiste sencillamente en sustituir el índice de refracción real por uno complejo, que da cuenta también de la absorción. Toda la teoría de las propiedades ópticas, tal como se observan macroscópicamente, puede entonces ser expresada en función de éste; por ejemplo, es posible polarizar el haz incidente por reflexión, sin más que tener en cuenta que el ángulo de polarización será también en general un número complejo.

Refracción

Como es bien sabido, el índice de refracción de un medio material absorbente, $N = n + ki$, viene dado por [5]:

$$N = (\mu\epsilon + 4\pi\sigma\mu i/\omega)^{1/2} \quad (1)$$

y depende tanto de las propiedades del medio (μ, ϵ, σ) como de la frecuencia de la onda incidente. De ordinario, la Ec.(1) suele escribirse referida a materiales no magnéticos, así que se suele tomar como una buena aproximación $\mu=1$; en lo que sigue, sin embargo, mantendremos intencionadamente la permeabilidad magnética en la formulación y analizaremos sus implicaciones.

Para medios conductores, para los que puede tomarse como una buena aproximación $\epsilon=1$, de las relaciones de dispersión se sigue que las partes real e imagi-

naría de N pueden expresarse del siguiente modo:

$$n(\lambda) = \mu^{1/2} [1 - (\lambda^2 r_e / 2\pi) N'(Z' + f_1)] \quad (2)$$

$$k(\lambda) = \mu^{1/2} (\lambda^2 r_e / 2\pi) N' f_2 \quad (3)$$

La forma de estas expresiones es válida hasta el segundo orden en $n(\lambda)$ y $k(\lambda)$, siendo aquí f_1 y f_2 cantidades pequeñas: f_1 vinculada a la evaluación de los términos de orden superior al segundo y $f_2 = Z' / \omega \tau$; por otra parte, N' es la densidad atómica, Z' el número atómico del medio, r_e el radio clásico del electrón y τ el tiempo de relajación.

Para $\mu=1$ estas expresiones son completamente similares a las dadas por Warren [6], Compton y Allison [7] en las que $(Z' + f_1)$ y f_2 son las partes real e imaginaria de la componente $\Psi=0$ del factor de *scattering* atómico. Resulta claro, sin embargo, que aún cuando los factores f_1 y f_2 de las Ecs.(2) y (3), no contienen dependencia angular alguna representan también correcciones a Z' , y macroscópicamente las citadas expresiones reproducen resultados similares a los de la teoría cristalográfica.

Reflexión y absorción

El índice o factor de reflexión -fracción de energía reflejada- viene dada por el cociente entre la amplitud compleja reflejada y la incidente; si se descompone el vector eléctrico en una componente perpendicular y otra paralela al plano de incidencia, entonces el índice de refle-

xió se define como: $R = (1/2)R_{//} + (1/2)R_{\perp}$, donde $R_{//}$ y R_{\perp} son los índices de reflexión correspondientes a las componentes paralela y perpendicular del vector eléctrico, respectivamente. Para hallar explícitamente $R_{//}$ y R_{\perp} se deben resolver las ecuaciones de Maxwell con ajustes en la frontera con un medio conductor; de las ecuaciones de Fresnel correspondientes se tiene:

$$R^{1/2} = |F - \Gamma^2 \cos \theta| / |F + \Gamma^2 \cos \theta| \quad (4)$$

donde Γ es igual a N para polarización paralela y a μ para polarización perpendicular y donde $F = \mu (N^2 - \sin^2 \theta)^{1/2}$, siendo θ el ángulo de incidencia. Para los así llamados grandes ángulos de incidencia, tales que $(\pi/2 - \theta)^2 \gg \delta, \beta$; $\theta \sim \theta' + \epsilon$, con $|\epsilon| \ll |\theta'|$, (θ' es el ángulo de refracción) dicha expresión puede ponerse, en términos de los decrementos típicos de la unidad ($N=1-\delta-i\beta$), como:

$$R^{1/2} = [(\Delta\delta + i\Delta\beta)(P(\theta)/\cos^2 \theta) + (\mu^{-1}-1)] / (1+\mu^{-1})$$

donde $\Delta\delta = \delta' - \delta$, $\Delta\beta = \beta' - \beta$ y donde $P(\theta)=1$ para polarización perpendicular y $P(\theta)=-\cos 2\theta$ para polarización paralela. Esta expresión, para $\mu=1$, se reduce a un resultado previamente obtenido por Lee [8].

Por otro lado, de la Ec.(4) se sigue que no habrá componente paralela reflejada cuando $F = N^2 \cos \theta$, lo que conduce a la siguiente condición:

$$\tan \theta = (N/\mu) \sqrt{[(N^2 - \mu^2)/(N^2 - 1)]} \quad (5)$$

Para la mayoría de los materiales

para y diamagnéticos, en los que $\mu=1$, la Ec.(5) se reduce a la ley de Brewster para la polarización: $\tan \theta = N$; sin embargo, el ángulo de polarización es ahora complejo, cuyas partes real e imaginaria vienen dadas, en términos de los decrementos típicos de la unidad, por:

$$\tan \Psi_r = -(1-\delta)^{-1} \quad ; \quad \tanh \Psi_i = -\beta^{-1}$$

Para el caso concreto de una incidencia bajo el ángulo de polarización, el factor de reflexión, para el rango de frecuencias que nos ocupa, puede escribirse aproximadamente como sigue:

$$R = (1/2) [(1-\mu-2\delta)/(1+\mu-2\delta)]^2 \quad (6)$$

donde $\delta = d(\mu=1)$ es el decremento δ para $\mu=1$.

Por su parte, el coeficiente de absorción -fracción de energía absorbida al atravesar la unidad de espesor del material- viene dado por, $\eta = \text{Re}(J \cdot E) / |E|^2$, siendo $J = (-i\omega + 4\pi\sigma)(\mu/c)$ ($\epsilon=1$) la densidad de corriente asociada a E . Teniendo en cuenta las Ecs.(2) y (3) podemos poner:

$$\eta = 2nk\omega/\mu c = -4\pi\beta/\lambda \quad (7)$$

que resulta independiente de la permeabilidad magnética.

DISCUSION

La ecuación (6) pone de manifiesto que el factor de reflexión no solo

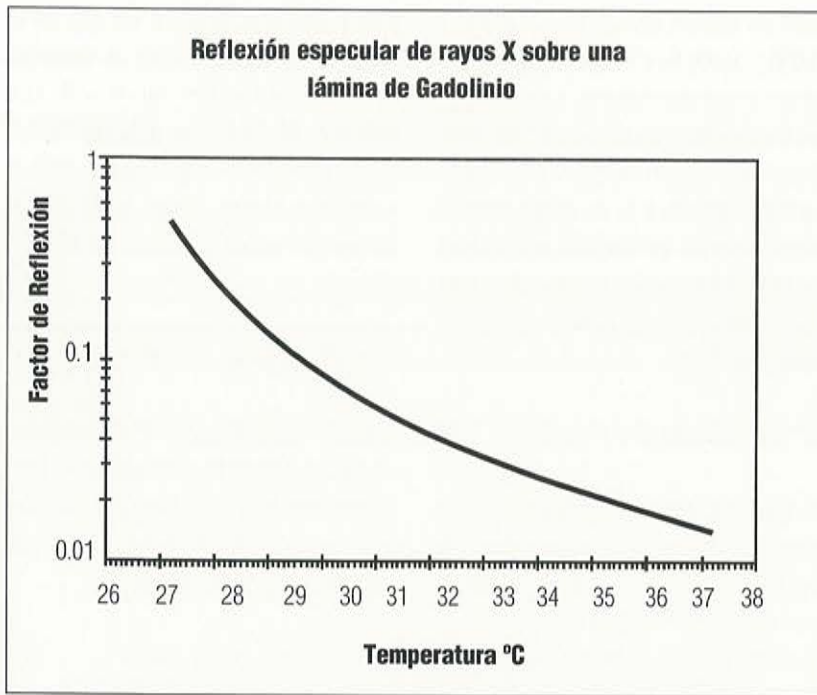


Figura 2. Variación teórica del factor de reflexión con la temperatura, para rayos X sobre superficies especulares de Gadolinio (eje de abscisas inferior) y Hierro (eje de abscisas superior). Las curvas están trazadas para un ángulo de incidencia igual al de polarización e igual ángulo de incidencia que de reflexión.

aumenta con un aumento de la longitud de onda -implícita en la expresión de δ - sino también con un eventual aumento de la permeabilidad. Para los materiales dia y paramagnéticos, a temperaturas ordinarias, -donde μ difiere muy poco de la unidad- la intensidad del haz reflejado depende fundamentalmente de δ y ésta para las longitudes de onda del orden que nos ocupa proporciona un valor para la reflectividad extremadamente pequeño. Por otro lado, para los materiales ferromagnéticos, que pueden presentar permeabilidades enormes, la relación entre el campo y la inducción magnética no es lineal y, en consecuencia, la Ec.(1) y

por lo tanto la Ec.(6) no pueden ser aplicadas.

Para los materiales paramagnéticos y para los ferromagnéticos por encima de la temperatura de Curie, la susceptibilidad magnética viene dada por:

$$\chi = (1/H)N' \langle \mu \rangle \mathcal{L} [\langle \mu \rangle H / K(T-\gamma)]$$

donde \mathcal{L} es la función de Langenvin, $\langle \mu \rangle$ el momento magnético medio, K la constante de Boltzman y γ un parámetro que vale $\gamma=0$ para materiales paramagnéticos y $\gamma=\theta$ para los ferromagnéticos (θ es de ordinario la temperatura de Curie). Excepto para campos magnéti-

cos muy altos y valores de $(T-\gamma)$ muy próximos a cero, \mathcal{L} puede sustituirse por el primer término de su serie de potencias, único de ellos independiente de H, y en consecuencia asegurar la linealidad entre la inducción y el campo magnético. La permeabilidad magnética viene dada entonces por la conocida ley de Weiss,

$$\mu = 1 + [4\pi C / (T-\gamma)]$$

donde $C = N' \langle \mu \rangle^2 / 3K$ es la llamada constante de Curie. Para valores de la temperatura tales que, $T-\gamma \ll 4\pi C$, cabe esperar que la permeabilidad magnética pueda alcanzar valores muy altos, con el exclusivo límite que se deriva de evitar la contribución a la función de Langenvin de sus términos de orden superior al segundo; en tal caso, de la Ec.(6) para la reflectividad se sigue que ésta se aproximaría a $R=1/2$, caso ideal en el que la mitad de la intensidad del haz queda polarizada por reflexión, transmitiéndose la otra mitad, tal como ocurre con la parte óptica del espectro electromagnético. Tales condiciones se cumplen, para temperaturas próximas al cero absoluto en los materiales paramagnéticos y a temperaturas por encima y cercanas a las de Curie para los ferromagnéticos. La reflectividad así descrita resulta, dentro de sus márgenes de aplicación, y para rayos X en el rango de energías que nos ocupa, prácticamente independiente de la energía del haz incidente y dependiente exclusivamente de las propiedades magnéticas. A este respecto, la figura 2 muestra la curva de reflexión teórica,

para un ángulo de incidencia igual al de polarización e igual ángulo de incidencia que de reflexión, para el Gadolinio -cuya temperatura de Curie se sitúa a 20°C- y, a título comparativo, para el Hierro (1043 °K).

Por el contrario, la absorción resulta independiente de las propiedades magnéticas, como se sigue de la Ec.(7). Los coeficientes de absorción calculados por este método resultan ligeramente inferiores a los encontrados experimentalmente, como ya es conocido desde hace varias décadas [4]; sin embargo, si la teoría se comporta de esta manera con la reflectividad, con este grado de aproximación, resultaría suficiente para su aplicación en la polarización, aún cuando no se obtuviesen resultados exactos.

CONCLUSIONES

Se estudia en este trabajo la posibilidad de utilizar rayos X polarizados en diagnóstico médico como un mecanismo útil de protección radiológica, mediante una técnica similar a la que ha sido utilizada también con relativo éxito en otros estudios radiobioquímicos. El planteamiento propuesto, consiste en que el haz primario de radiación es polarizado aquí por reflexión -en lugar de dispersión- antes de incidir sobre el paciente, esperándose mínima intensidad del haz dispersado por éste en una dirección ortogonal a la del haz incidente. Para poder aplicar el análisis, la intensidad del haz reflejado debe ser lo suficientemente importante

como para permitir su uso en radio-diagnóstico. La reflexión es estudiada por incidencia sobre un medio conductor y el análisis, basado en las relaciones de Krämers-Kröning y en las ecuaciones de Fresnel, toma en cuenta el papel de la permeabilidad magnética en el índice de refracción complejo y sus implicaciones sobre el factor de reflexión. Para condiciones particulares, tales como ausencia de efectos magnéticos o grandes ángulos de incidencia, se obtienen resultados similares a otros estudios en el dominio de la óptica de los rayos X, tales como Warren, Compton y Allison y Lee. Se muestra también que para materiales para y diamagnéticos, a temperaturas ordinarias, la intensidad del haz reflejado es extremadamente pequeña, mientras que para materiales ferromagnéticos el estudio sólo puede ser aplicado por encima de la temperatura de Curie. No obstante lo anterior, para el Gadolinio, se prevé una reflexión importante -superior al 20%- a temperatura ambiente, entre 20 y 21 °C. En esas condiciones, cabe esperar, por lo tanto, una disminución de la radiación dispersada por el paciente, con sus implicaciones en la protección radiológica en general, tanto del personal profesionalmente expuesto como del propio paciente, así como en la calidad y contraste de las imágenes radiográficas.

Agradecimientos. *El autor desea dar muestras de gratitud a sus compañeros del Servicio de Protección Radiológica por las impresiones recibidas en la fase inicial del estudio.*

REFERENCIAS

1. R. Jonson, S. Mattsson y B. Unsgaard, Phys. Med. Biol., 33, 847 (1988).
2. P.P. Ewald, Rev.Mod.Phys, 37, 46 (1965).
3. R. de L. Kroning: J. Opt. Soc. Am. 12, 547 (1926), Physik. Z 30, 521 (1929); H.A. Kramers, Atti del Congr. Int. dei Fisici, Como, 2, 545 (1927), Physik. Z.30, 522 (1929).
4. H.R. Philipp y H. Ehrenreich, J. Appl. Phys, 35, 1416 (1964).
5. Se utilizan aquí unidades gaussianas y por lo demás los símbolos y notaciones standards recomendados por el Instituto Americano de Física (American Institute of Physics, Inc., Style Manual, Pub. R-283, 3rd ed., (AIP, New York, 1978).
6. B.E. Warren, X Ray Diffraction (Addison-Wesley, Reading, MA, 1969).
7. A.H. Compton, S.K. Allison, X Ray in Theory and Experiment (Van Nostrand, New York, 1935).
8. P. Lee, Am.J.Phys. 53, 885 (1985).



SOBREEXPOSICIÓN ACCIDENTAL A RADIACIONES IONIZANTES: SEIS AÑOS DE SEGUIMIENTO

En los ocho años de experiencia del Laboratorio de Dosimetría Biológica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón, se ha estado realizando de forma continuada análisis de aberraciones cromosómicas en los linfocitos de sangre periférica a individuos con sospecha de sobreexposición a radiaciones ionizantes; se han analizado hasta el momento 80 personas. De todos ellos, en octubre de 1990 se calculó la dosis a un varón de 35 años de edad, trabajador en el ámbito de la gammagrafía industrial que acudió con una úlcera de origen radiológico en la cara anteroexterna del segundo dedo de la mano izquierda y con un nivel de leucocitos de 4.400 por mm^3 , próximo a los límites inferiores dentro del rango normal. Según testimonio del propio paciente, había estado expuesto 19 días antes a una fuente de Ir 192 durante aproximadamente seis horas, a una distancia variable. La dosis estimada mediante el método citogenético de dosimetría biológica fue de 1.3 Gy. Se presenta el seguimiento clínico, hematológico y cromosómico de este individuo durante seis años después de la sobreexposición a radiaciones ionizantes.

María Jesús Prieto
Rodríguez,
Mercedes Moreno
Domene,
Marina Gómez-Espí,
Rafael Herranz
Crespo,
Pilar Olivares Muñoz
Hospital General
Universitario Gregorio
Marañón.
Servicio de Dosimetría y
Radioprotección.
C/ Doctor Esquerdo, 46.
28007 Madrid.

During 8 years experience of the Biological Dosimetry Laboratory at the "Gregorio Marañón" General Hospital, there have been done routinary chromosomal aberration analysis in individuals suspect of overexpositions to ionizing radiations, until now there have been analyzed 80 people.

One of the individuals was a 35 years old male, Industrial Radiography technician occupationally exposed to ionizing radiation since 1987. On september 27, 1990, he received an overexposure from a 70 Ci Ir-192 source, he was working during 6 hours at a variable distance from the source. On october 1990, 19 days after the overexposure event, it was calculated an estimated dose of 1.3 Gy by citogenetics procedures of biological dosimetry. In this report, we present the clinical, hematological and chromosome follow-up of this individual carried out for 6 years after the overexposure to ionizing radiation.

INTRODUCCIÓN

La Dosimetría Biológica tiene como finalidad estimar dosis en individuos con sospecha de sobreexposición a radiaciones ionizantes; para ello se utiliza el propio organismo como indicador de la lesión.

Se sabe que las radiaciones ionizantes inducen lesiones en el ADN que activan los mecanismos de reparación enzimática de la célula, pudiendo dar lugar a la restauración total o a la formación de aberraciones cromosómicas (1).

Las radiaciones ionizantes inducen distintos tipos de aberraciones cromosómicas (inversiones, translocaciones, anillos, dicéntricos...) pero para la estimación de dosis se utiliza el estudio de dicéntricos como técnica de rutina, debido a que presentan una buena relación

dosis-respuesta (2); en algunos laboratorios también se tiene en cuenta el número de anillos.

Los dicéntricos provienen de un inter-

cambio asimétrico entre dos cromosomas distintos que tras, un mecanismo de reparación incorrecto, da lugar a un cromosoma con dos centrómeros y a un fragmento acéntrico (figura 1).



Figura 1. Fotografía tomada con microscopía óptica (x 1000). La flecha muestra un cromosoma dicéntrico, y la cabeza de flecha su correspondiente fragmento.



Figura 2. Fotografía que muestra úlcera dérmica de origen radiológico.

El Hospital General Universitario Gregorio Marañón cuenta desde el año 1989 con un laboratorio de Dosimetría Biológica destinado a estimar dosis en individuos con sospecha de sobreexposición a radiaciones ionizantes mediante el método citogenético de aberraciones cromosómicas detectadas en linfocitos de sangre periférica.

Para hacer estas estimaciones es indispensable disponer de curvas de calibración dosis efecto para las diferentes calidades de radiación de alta y baja LET. Puesto que la respuesta celular depende de ello y de la energía, es importante disponer de, al menos, una curva para rayos X, gamma y neutrones. Estas permiten relacionar el número de aberraciones cromosómicas con la dosis, ya que se ha demostrado que la irradiación "in vivo" e "in vitro" de los linfocitos sanguíneos produce idénticas alteracio-

nes cromosómicas y proporcionales a la dosis (2).

También es necesario conocer la frecuencia basal de aberraciones cromosómicas en una muestra de la población general (3).

En octubre de 1990 se estimó la dosis a un individuo varón de 35 años de edad, que acudió con una úlcera de origen radiológico en la cara antero-externa del segundo dedo de la mano izquierda (figura 2) y con 4500 leucocitos/mm³.

El individuo era empleado de una empresa de gammagrafía industrial desde 1987; el suceso tuvo lugar el 27 de septiembre de 1990.

Según testimonio del propio paciente, había estado expuesto a una fuente de Ir-192 de 70 Ci, aproximadamente seis

horas, a una distancia variable, careciendo de dosímetro personal y de radiómetro el equipo. Se conocía además una lectura dosimétrica por procedimientos físicos de 161.60 mSv, correspondiente a los meses de noviembre de 1989 a julio de 1990.

La sintomatología inmediata al suceso consistía en intensa somnolencia, gastralgia, debilidad de miembros inferiores y astenia generalizada que persistió durante un mes.

Se estimó una dosis de 1.3 Gy mediante el método citogenético de Dosimetría Biológica.

Este paciente ha sido sometido a un seguimiento clínico, hematológico y cromosómico durante seis años.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado es el estándar para la realización de técnicas citogenéticas.

Datos clínicos y hematológicos

Las analíticas y exploraciones clínicas se realizaron según la metodología de rutina del Hospital General Universitario Gregorio Marañón, en distintas fechas a lo largo de los seis años posteriores a la sobreexposición, y siguiendo el protocolo del Centro de Radiopatología nivel I y II para el control de individuos expuestos a radiaciones ionizantes: anamnesis, exploración física completa, analítica.

Cultivo, Fijación y Tinción de las muestras

Mediante venipunción estéril se extrajeron 10 ml de sangre periférica que se introdujeron en tubos que contenían heparina de litio como anticoagulante.

Se establecieron los cultivos (4) en medio RPMI 1640 enriquecido con suero fetal de ternera y glutamina, añadiendo antibióticos, PHA para estimular la división de los linfocitos T y BrdU para monitorizar el porcentaje de segundas divisiones mediante la tinción FPG (Fluorescencia plus Giemsa) (5). El tiempo de incubación es de 48 horas, las dos últimas en presencia de Colcemide para detener el ciclo de división celular en metafase.

La fijación en tres pasos se realiza tras choque hipotónico (KCL 0.55M) con carnoy formado por metanol y ácido acético en proporción 3:1.

Se realizaron las extensiones en portas limpios y se tiñeron con Giemsa y FPG, para su observación al microscopio.

Análisis citogenético

Se realizó con microscopio óptico de alta resolución a 100 y 1000 aumentos anotándose todas las aberraciones cromosómicas observadas; para la estimación de dosis sólo se tuvo en cuenta el número de dicéntricos y tricéntricos. (figura 3)

Los estudios se realizaron paralela-

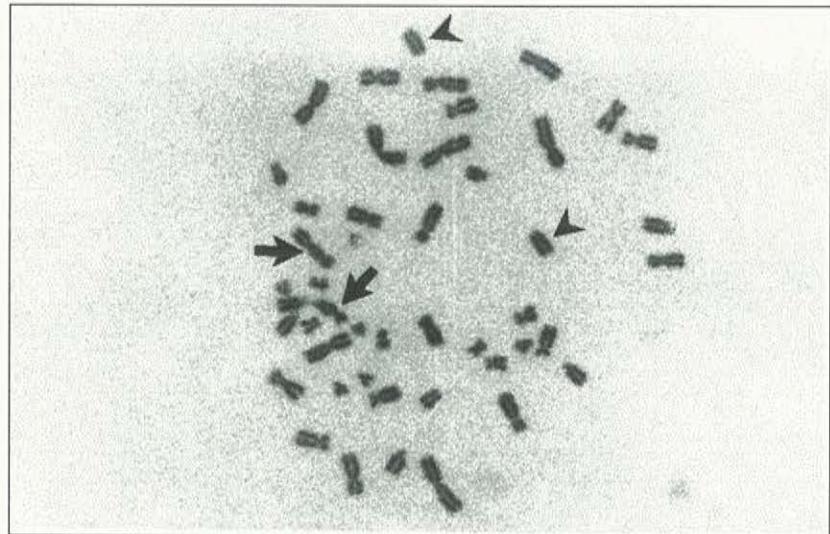


Figura 3. Fotografía tomada con microscopía óptica (x 1000). Corresponde a una metafase del individuo analizado, en la que aparecen 2 dicéntricos (flechas) y sus correspondientes fragmentos (cabeza de flecha).

mente a un control correspondiente a un individuo adulto sano.

El estudio se realizó los días: 19, 47, 57, 67, 109, 145, 174, 208, 236, 271, 335, 370, 448, 532, 679, 826, 1029, 1189, 1373, 1582, 1789, 1981, y 2214 postexposición. En cada uno se analizaron 500 células.

Estimación de dosis

Con los datos de dicéntricos y tricéntricos correspondientes al primer análisis (19 días postexposición), mediante ecuación cuadrática correspondiente a una energía de baja LET (2, 6).

$$Y = c + \alpha D + \beta D^2$$

Donde:

Y: Tasa de dicéntricos por célula. (0.28)

c: Frecuencia basal. (2×10^{-3})

α y β : Coeficientes lineal y cuadrático de la curva de rayos γ obtenida por el laboratorio de Dosimetría Biológica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón. ($\alpha = 3.9 \times 10^{-4}$; $\beta = 3.7 \times 10^{-6}$)

D: dosis

El error estándar (SE) se calcula:

$$SE = \frac{\sqrt{n^\circ \text{ dicéntricos}}}{n^\circ \text{ células}} = 0,016$$

RESULTADOS

La dosis estimada mediante Dosimetría Biológica es de 1.3 Gy.

Hay que tener en cuenta que el individuo estuvo expuesto durante 5-6 horas


TABLA I: Seguimiento hematológico

TIEMPO (DIAS)	ERITROC mm ³	LEUCOCI mm ³	LINFOR %	PLAQUET mm ³	RETICUL %	IGM mg/dl
6	4.670.000	4.500	270			
19	4.260.000	3.700	229	83.000	11	38
109	4.570.000	6.200	295	177.000	6	33
145	4.190.000	5.100	144	129.000	20	45
174	4.610.000	7.300	327	194.000	10	50
208	4.920.000	6.600	234	171.000	8	60
236	4.270.000	6.900	271	174.000	9	59
271	4.760.000	7.000	279	169.000	8	54
335	4.580.000	5.700	300	162.000		53
370	4.770.000	6.000	267	167.000	9	60
448	4.940.000	5.700	342	291.000	8	63
562	4.640.000	5.300	301	143.000	10	62
679	4.490.000	6.000	353	147.000		61
826	4.700.000	6.000	250	172.000	11	
1.029	5.220.000	7.600	313	159.000	9	76
1.189	4.620.000	6.500	286	157.000		73
1.373	4.760.000	6.110	347	153.100		76
1.582	4.790.000	6.600	301	179.000		61
1.789	4.790.000	6.200	265	191.000	5	87
1.981	4.930.000	6.500	329	156.000		
2.214	4.980.000	8.400	248	179.000		
2.452	4.800.000	6.600	281	149.000		

por lo que la dosis estimada debería multiplicarse por un factor de dos.

En la tabla I se muestran los datos hematológicos del paciente a lo largo de los cinco años posteriores a la sobreexposición. Se puede apreciar que el descenso hematológico está en

concordancia con la dosis biológica estimada.

Los resultados del estudio cromosómico (tabla II), fueron valorados paralelamente en el Oak Ridge National Laboratory y en el Oak Ridge Associated Universities. En ninguno aparecieron

diferencias significativas con la dosis de 1.3 Gy estimada en nuestro centro.

El seguimiento de los estudios cromosómicos (figura 4) mostró un descenso del 50% en el número de dicéntricos a los 47 días postexposición, manteniéndose constante hasta los 532 días apro-

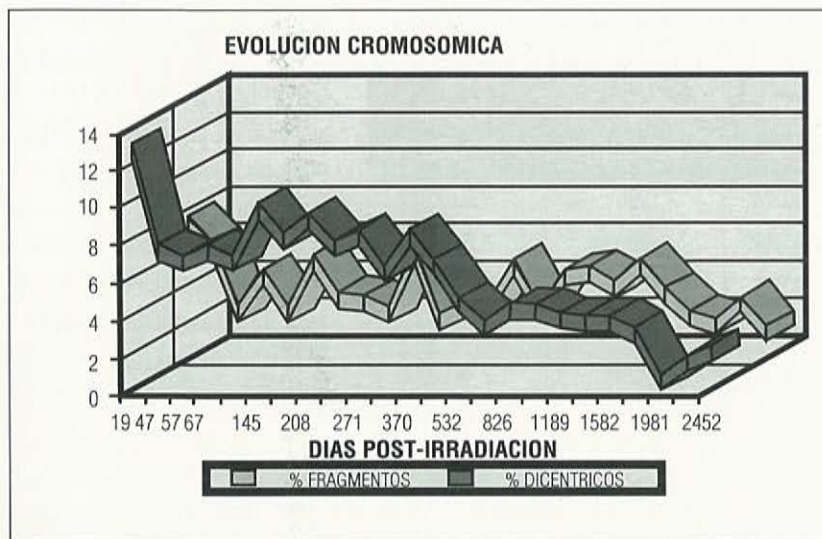


Figura 4. Gráfica que muestra la evolución del nº de cromosomas dicéntricos y fragmentos durante los 6 años de seguimiento del individuo analizado.

ximadamente (un año y medio), en que se detectó un nuevo descenso del 50%. Manteniéndose de nuevo constante hasta los 1982 días en que volvió a sufrir un descenso del 50% (7).

CONCLUSIONES

En 1990, cuando acudió el paciente por vez primera, nuestro centro tenía un año de experiencia en la estimación de dosis en individuos con sospecha de sobreexposición a radiaciones ionizantes, por ello se consideró oportuno enviar muestras a otros laboratorios de reconocida experiencia en este área, para, además de mejorar la fiabilidad en la estimación de la dosis, permitirnos comprobar la optimización de nuestras técnicas. Con este propósito se estableció contacto con 2 centros norteamericanos (Oak Ridge Associated Universities y

Oak Ridge National Laboratory, Biology Division) donde realizaron un triple estudio cromosómico paralelo al nuestro. En la tabla III se presenta el análisis de los resultados obtenidos en cada uno de los centros implicados.

Todos los datos presentan una elevada concordancia, no apareciendo diferencias significativas en ninguno de ellos; nuestro centro difiere algo más que el resto, pero sin llegar a ser significativo, lo que puede explicarse por el mayor número de células analizadas.

La estimación de dosis usando nuestros propios datos fue de 1.3 Gy, siendo $C = 2.0 \times 10^{-3}$; $\alpha = 3.9 \times 10^{-4}$; $\beta = 3.7 \times 10^{-6}$. Al utilizar los coeficientes de los otros centros, $\alpha = 2.5 \times 10^{-4}$; $\beta = 5.9 \times 10^{-6}$, y la media de los valores publicados para el nivel basal de aberraciones cromosómicas $C = 1.3 \times 10^{-3}$, se obtuvo una

dosis de 1.26 Gy. Con esto se demostró que la dosis estimada en nuestro centro era óptima y que el método era válido para la detección de sucesos de sobreexposición en los que no se dispone de datos físicos, y tan solo de las manifestaciones del propio paciente.

La sintomatología referida por el individuo concuerda con lo esperado tras un suceso de sobreexposición de esa envergadura. En la mañana siguiente al día del suceso, manifestó tener intensa somnolencia, gastralgia, astenia generalizada y debilidad en miembros inferiores, que fueron desapareciendo durante la primera semana; 19 días más tarde, cuando acudió al centro por vez primera, sólo refería astenia generalizada que persistió durante un mes. La presencia de una úlcera en el segundo dedo de la mano izquierda, sin cicatrizar desde mayo de 1990 y diagnosticada como de origen radiológico por el Servicio de Anatomía Patológica del HGUGM, hace pensar en una dosis localizada mayor de la estimada, así como en una posible sobreexposición anterior o de tipo crónico; probablemente la dosis real recibida por el paciente sea mayor a la estimada.

Los datos hematológicos obtenidos, aún estando dentro del rango considerado normal, manifestaron una disminución en los valores de leucocitos (3.700 /mm³) y en los de IgM (38 mg/dl) cercano a los niveles inferiores.

La evolución clínica y hematológica del paciente ha sido óptima, no manifestando en la actualidad patología alguna.


TABLA II: Seguimiento cromosómico

TIEMPO (DIAS)	Nº DICENTRI (500 cel.)	DICENTRIC (%±SE)	Nº FRAG.AC (500 cel.)	FRAG.AC (%±SE)
19	64	12,8±0,016	36	7,2±0,012
47	37	7,4±0,012	29	5,8±0,010
57	34	6,8±0,011	12	2,4±0,006
67	37	7,4±0,012	22	4,4±0,009
109	34	6,8±0,011	12	2,4±0,006
145	48	9,6±0,013	26	5,2±0,010
174	40	8,0±0,012	16	3,2±0,008
208	46	9,1±0,013	15	3,0±0,007
236	38	7,6±0,012	12	2,4±0,006
271	41	8,2±0,012	28	5,6±0,010
335	31	6,2±0,011	10	2,0±0,006
370	41	8,2±0,012	13	2,6±0,007
448	33	6,6±0,011	14	2,8±0,007
532	23	4,6±0,009	25	5,0±0,004
679	17	3,4±0,008	12	2,4±0,006
826	21	4,2±0,009	22	4,4±0,009
1.029	21	4,2±0,009	23	4,6±0,009
1.189	19	3,8±0,009	19	3,8±0,009
1.373	18	3,6±0,008	25	5,0±0,01
1.582	18	3,6±0,008	17	3,4±0,008
1.789	15	3±0,007	11	2,2±0,006
1.981	2	0,4±0,002	9	1,82±0,006
2.214	7	1,4±0,005	15	0,3±0,007

El estudio de la evolución cromosómica a lo largo de estos años, aporta datos de gran interés científico desde el punto de vista de la dosimetría biológica. El descenso en el número de dicéntricos pone de manifiesto la inestabilidad de dichas estructuras cromosómicas, que

como es sabido dificultan el proceso de división cuando están presentes, y por ello conducen a la muerte celular. En el caso concreto que nos ocupa, a la hora de valorar el descenso en el nº de aberraciones cromosómicas, hay que tener en cuenta también el tiempo transcurrido,

que supera la vida media de los linfocitos de 3.5 años (Lloyd & Edwards), y por otro lado el aumento en la dispersión de los linfocitos dañados, debido a la renovación celular normal. En este contexto se ha comprobado una de las limitaciones de la técnica de dosimetría biológica empleada, referida a su fiabilidad en estudios de sobrexposiciones ocurridas tiempo atrás y en exposiciones crónicas; de esta forma en la actualidad se tiene la necesidad de buscar nuevas técnicas que reduzcan la incertidumbre en determinados casos. En este sentido se dispone de las muestras del paciente descrito en este artículo, para su utilización en la estandarización de técnicas como el "painting" cromosómico (8), que detecta anomalías cromosómicas estables: las traslocaciones. La optimización de su uso en este laboratorio supondrá una gran mejora de las estimaciones dosimétricas por métodos biológicos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Seguridad Nuclear, que con su aportación económica ha hecho posible el desarrollo de este trabajo.

A la enfermería, técnicos, físicos, biólogos y médicos de los Servicios que han aportado toda su colaboración.

TABLA III: Análisis de los resultados obtenidos en distintos centros a los 19 días del suceso

	Nº Cels	Dicentric	Dicentric per cell	Ring	Ring per cell	Acentric fragment	Acentric fragment per cell	Total aberration	Total aberration per cell
Oak Ridges Associated Universities USA	190	25	13	5	26	9	47	39	205
Oak Ridges Associated Universities USA	177	23	13	5	28	17	96	45	254
Biology Division. ORNL USA	100	13	13	3	3	14	14	30	30
Hospital General Gregorio Marañón	500	64	128	12	24	36	72	112	224
TOTAL	967	125	129	25	25	76	78	226	233

BIBLIOGRAFIA

- MORGAN WF, YATES BL, RUFER JT, ABELLA E, VALCARCEL ER, PHILIPS JW (1991): Chromosomal aberration induction in CHO cells by combined exposure to restriction enzymes and X-Rays. *Int. J. Radiat. Biol.* 4: 627-634.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA)(1986): Biological dosimetry: Chromosomal aberration analysis for dose assessment. Technical reports series nº 260; IAEA, Viena.
- BENDER MA, AWA AA, BROOKS AL, EVANS HJ, GROER PG, LITTLEFIELD LG, PEREIRA C, PRESTON RJ, WACHOLZ BW (1988): Current status of cytogenetics procedures to detect and quantify previous exposures to radiation. *Mutation Research* 196:103-159.
- MOORHEAD PS, NOWELL DC, MELL-MANN WJ, BATTIPS DM, HUNGERFORD DA (1986): Chromosome preparation of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Exp. Cell. Res.* 20: 613-616.
- PERRY P, WOLF FS (1974): New giemsa method for the differential staining of sister chromatids. *Nature*, 251: 156-158.
- BILBAO A, MARTÍN URRETA JC (1992): Dicéntricos, Dosímetros Biológicos para la exposición a Rayos



gamma, procedentes del Cobalto-60. *Protección Radiológica* 2:31-36.

7. BUCKTON KE (1983): Chromosome aberrations in patients treated with x-irradiation for ankylosing spondylitis. *Radiation - Induced Chromosome Damage in Man*. (Alan R. Liss, New York) 491-511
8. LUCAS JN, AWA A, STRAUME T, POGGENSEE M, KODAMA Y, NAKANO M, ONTAKI K, WEIER HU, PINKEL D, GRAY J, LITTLEFIELD G (1992): Rapid translocation frequency analysis in humans decades after exposure to ionizing radiation. *Int. J. Radiat. Biol.* 62: 53-63.

Otros textos consultados:

9. LLOYD DC, EDWARDS JS, PROSSER JS, MOQUET and FINNON (1988): Doses in Radiation Accidents investigated by chromosome aberration. *Analysis XVIII: A review of cases investigated, 1987*. NRPB. March.
10. LLOYD DC, EDWARDS JS, PROSSER JS, MOQUET JE, FINNON P. (1991): Doses in Radiation Accidents. *Analysis XIX: Review of cases investigated, 1988-1990*. NRPB. August.
11. LLOYD DC, EDWARDS JS, MOQUET JE, FINNON P. (1994): Doses in

Radiation Accidents investigated by chromosome aberration analysis XX: Review of cases investigated, 1991-1993. NRPB. May.

12. LITTLEFIELD LG, JOINER EE, COLYER SP, RICKS RC, LUSBAUGH CC, HURTADO-MONROY R (1991): San Salvador Co 60 Radiation accident: Cytogenetic dosimetry and follow-up evaluations in three accident victims. *Radiation protection dosimetry* 35/2: 115-123.



LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP) Y SU PROGRAMA DE TRABAJO PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS



La Comisión Principal de la ICRP ha renovado sus miembros y se ha reunido con todos los Comités, también renovados desde el 7 al 11 de Septiembre en Oxford (Reino Unido).

El objetivo fundamental ha sido el establecimiento, por parte de sus cuatro Comités, de sus programas de trabajo para los próximos cuatro años.

En este artículo, el Presidente de la Comisión Principal resume las resoluciones de la misma y se agregan notas adicionales sobre el trabajo de los Comités 3 y 4 por parte de los dos miembros españoles de la ICRP.

Roger Clarke
(NRPB - Chilton) -
Presidente de la Comisión
Principal de la ICRP.

Pedro Ortiz
(IAEA - Viena) - Miembro
del Comité 3.

David Cancio
(CIEMAT - Madrid) -
Miembro del Comité 4.

The Commission in its new composition met together with the also redintegrate Committees in Oxford, United Kingdom, from 7th to 11th September.

The main objective has been the establishment of the work programme for the four Committees to be accomplished during the next four years.

In this paper, the Chairman of the Main Commission summarizes the adopted resolutions. Comments from the Spanish members of ICRP Committee 3 and 4 are also included.

HISTORIA Y ORGANIZACIÓN DE LA COMISIÓN

En forma paralela a las primeras aplicaciones benéficas de los rayos X y de los rayos gamma del radio se hicieron evidentes los efectos nocivos de las radiaciones y ya desde el año 1913 comenzaron a aparecer algunos Comités de protección a nivel nacional.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica fue establecida en 1928 por una decisión del Segundo Congreso Internacional de Radiología. En aquel momento adoptó el nombre de Comité Internacional para la Protección contra los rayos X y el Radio hasta que, en 1950, fue reestructurada y se le dio el nombre actual.

La Comisión sigue manteniendo una relación especial con las reuniones regulares del Congreso y con la Sociedad Internacional de Radiología. No obstante, con el correr de los años, ha ido ampliando su campo de interés para tener en cuenta el creciente uso de las radiaciones ionizantes y de las prácticas que involucran la producción y uso de las radiaciones y de los materiales radiactivos.

La Comisión está registrada en el Reino Unido como una sociedad benéfica independiente y se financia principalmente por las contribuciones voluntarias de organizaciones nacionales e internacionales relacionadas con la protección radiológica. También obtiene fondos adicionales derivados de los derechos que

se perciben por las publicaciones de la Comisión. Las instituciones a las que pertenecen los miembros de ICRP también proporcionan una financiación directa al proporcionar, sin cargo, el tiempo y los recursos de sus miembros así como en muchos casos contribuyendo a sus desplazamientos y a los costes de las reuniones.

La Comisión trabaja en estrecha colaboración con la organización hermana, la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas y mantiene relaciones oficiales con la Organización Mundial de la Salud y el Organismo Internacional de Energía Atómica. Asimismo mantiene relaciones importantes con la Organización Internacional del Trabajo y otras instituciones de las Naciones Unidas, incluidos el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Atómicas y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, así como con la Comisión de las Comunidades Europeas, la Agencia de Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, la Organización Internacional de Normas, la Comisión Electrotécnica Internacional y la Asociación Internacional de Protección Radiológica. La Comisión tiene en cuenta los avances publicados por las organizaciones nacionales más importantes.

La Comisión emitió su primer informe en 1928. El primer informe de la serie actual, posteriormente llamado **Publicación 1** (1959), contenía las recomenda-

ciones aprobadas en septiembre de 1958. Las recomendaciones generales publicadas con posterioridad a esa fecha han sido la **Publicación 6** (1964), la **Publicación 9** (1966) y la **Publicación 26** (1977). Esta última publicación fue enmendada y ampliada mediante una Declaración emitida en 1978, y aclarada y ampliada aún más por sendas Declaraciones publicadas en los años 1980, 1983, 1984, 1985 y 1987. Finalmente, la **Publicación 60** (1991) constituye la más reciente de las recomendaciones de la ICRP. También se han emitido informes sobre temas más especializados, con números de publicación intermedios y posteriores a los mencionados.

La Comisión ha sido siempre un organismo asesor y ofrece sus recomendaciones a los reguladores y agencias asesoras a nivel internacional, regional y nacional. Principalmente, la ICRP provee asesoramiento sobre los principios fundamentales en los cuales puede ser basada la protección. Debido a las diferentes condiciones que se aplican en los distintos países la Comisión no pretende proveer textos reguladores y las Autoridades necesitan desarrollar sus propias estructuras reguladoras. Por otra parte, la Comisión desea que su asesoramiento sirva también de ayuda a las organizaciones de gestión con responsabilidades en la protección radiológica de sus propias operaciones, a los profesionales que esas organizaciones utilizan como asesores y a las personas, como es el caso de los radiólogos, que deben tomar decisiones sobre el uso de las radiaciones ionizantes.

La estructura de la ICRP consiste en la propia Comisión, generalmente denominada Comisión Principal constituida por un máximo de 12 miembros, elegidos de forma que puedan proporcionar un amplio y adecuado rango de pericia. La Comisión designa a los especialistas que componen los Comités permanentes. En la actualidad existen 4 Comités de los cuales dos pueden considerarse que tratan aspectos más básicos. Estos son el Comité 1 sobre "Efectos de las Radiaciones" y el Comité 2 sobre "Límites Derivados". Los dos restantes son para la aplicación en los distintos campos, el Comité 3 sobre "Protección en Medicina" y el Comité 4 sobre la "Aplicación de las Recomendaciones de la Comisión". Una Secretaría Científica coordina las actividades de la Comisión y de sus Comités.

La Comisión funciona por períodos de 4 años. Al final de cada período la propia Comisión elige a los miembros para el siguiente período y selecciona a los miembros de los Comités. Por lo menos tres, y no más de cinco, miembros de la Comisión Principal deben ser relevados en cada ocasión. No existen restricciones para el número de miembros de los Comités que típicamente se constituyen con 15 a 20 miembros cada uno. La Comisión designa también a Miembros Eméritos quienes pueden asistir a las reuniones, invitados por el Presidente, en calidad de asesores.

La Comisión utiliza Grupos de Trabajo (Task Groups) o Agrupaciones de Trabajo (Working Parties) para tratar áreas específicas. Los primeros deben ser formalmen-

te aprobados para desarrollar una tarea específica la cual, generalmente, será un Informe que podrá ser publicado si es aprobado por la Comisión. Los Grupos de Trabajo normalmente están formados por una mayoría de expertos que no pertenecen a la ICRP y son financiados por la Comisión según sea necesario.

Las Agrupaciones de Trabajo son constituidas por los Comités y aprobados por la Comisión Principal para desarrollar ideas para el mismo Comité y algunas veces dan origen a un Grupo de Trabajo. Sus componentes son miembros del respectivo Comité y no son financiados por la Comisión. Sobre una base ad hoc, el Presidente de cada Comité puede invitar a las reuniones a observadores de organizaciones externas. Ejemplos de este tipo de organizaciones son las pertenecientes a las Naciones Unidas, o regionales como la Agencia de la Energía Nuclear (OECD) y la Unión Europea. Los observadores pueden contribuir con la experiencia de sus organizaciones pero no participan en las decisiones formales.

La ICRP ha tenido un cambio importante en la composición de sus miembros los cuales han sido electos para actuar en el período julio de 1997 a julio 2001. En los cuadros adjuntos se indica la composición de la Comisión y de los cuatro Comités.

La primera reunión de la nueva Comisión y de los nuevos Comités se efectuó en Oxford el pasado mes de Septiembre 1997 y, a continuación, el Presidente de

la Comisión resume el programa de trabajo aprobado y los miembros españoles de los Comités 3 y 4 dan una información más detallada de esos Comités especializados en la aplicación práctica de las recomendaciones de la ICRP.

REUNIÓN DE LA COMISIÓN PRINCIPAL EN OXFORD

La Comisión Principal se reunió de forma independiente los días 12 y 13 de Septiembre después de que cada uno de sus Comités lo hiciera en los días 7 a 11 del mismo mes de Septiembre. El objetivo principal de la Comisión ha sido la aprobación de los programas de trabajo y en este informe se cubren los aspectos

Miembros de la Comisión Principal

R.H. Clarke, Presidente (Reino Unido)
C.B. Meinhold Vice-Presidente
(Estados Unidos)
D. Beninson (Argentina)
J.D. Boice (Estados Unidos)
R. Cox (Reino Unido)
L.E. Holm (Suecia)
L.A. Ilyin (Rusia)
A. Kaul (Alemania)
H. Matsudaira (Japón)
F. Mettler (Estados Unidos)
J.C. Nenot (Francia)
Pan Z. (China)
J. Valentin, Secretario Científico (Suecia)
B.C. Winkler (Sudafrica)

principales que fueron discutidos y aprobados.

Se aprobó para su publicación el "Addendum 2" a la Publicación 53 la cual se refiere a las dosis de radiación a los pacientes debido a radiofármacos (Radiation Doses to Patients from Radiopharmaceuticals). Este nuevo Addendum cubre una cantidad de radiofármacos que recientemente han adquirido un carácter de uso generalizado. Se incluyen al Octeotrido (Indio), Inmunoglobulina humana (HIG) marcada con tecnecio y con indio, Tetrofosmina marcada con tecnecio (MYOVIEW), Agua marcada con oxígeno-15, Timidina marcada con carbono-11, Technegas-tecnecio y Pertchnegas-tecnecio y Urea marcada con carbono-14.

Por otra parte está prácticamente finalizado el desarrollo de un CD-ROM conteniendo todos los coeficientes de dosis de las Publicaciones 68 y 72. Este estaría disponible en breve plazo y será comercializado por Elsevier en representación de la ICRP.

La Comisión está trabajando en una nota sobre la historia y políticas del ICRP la cual se espera pueda ser publicada el año próximo. Asimismo ha planificado reunirse en dos oportunidades durante 1998. La primera reunión será a finales de abril y la segunda en Estocolmo en el mes de octubre para conmemorar el 70° aniversario del establecimiento de la Comisión en esa ciudad durante el Segundo Congreso Internacional de Radiología, de 1928.

La Comisión, por unanimidad, ha elegido a John Dunster y Warren Sinclair como Miembros Eméritos de la misma.

RESOLUCIONES EN RELACIÓN CON LOS COMITÉS

Comité 1

Este Comité ha propuesto establecer tres grupos de trabajo, de los cuales dos han sido aprobados por la Comisión. El primero de ellos tratará sobre los riesgos de cáncer radioinducido a bajas dosis y

se dedicará tanto a la información epidemiológica como a la modelización basada en las consideraciones biológicas. Será presidido por Charles Land, de Estados Unidos.

El segundo Grupo tratará sobre los efectos de la radiación sobre embriones y fetos y considerará los efectos estocásticos después de la irradiación "in utero" en un intento de identificar los riesgos de cada órgano individual. También considerará los efectos deterministas y los efectos sobre el desarrollo del sistema nervioso central. Este Grupo estará presidido por Christian Steffer de Alemania y deberá establecer una estrecha relación con el Grupo de Trabajo de Dosimetría interna del Comité 2. El tercer Grupo ha sido propuesto para reconsiderar las eficiencias biológicas relativas (RBEs) para diferentes tipos de radiaciones y para clarificar el concepto y aplicación de la relación Q-L. La Comisión Principal ha discutido el tema y ha invitado al Comité 1 a reformular su propuesta y concentrarse sobre los aspectos biológicos del trabajo a realizar.

Comité 2

Este Comité tiene un programa de trabajo bien establecido. El próximo informe que se publique es posible que trate los coeficientes de dosis para embriones y fetos derivados de la ingestión de radionucleídos por parte de la madre. Este informe está en un grado avanzado de realización y se espera sea presentado a la Comisión en su próxima reunión. El

Miembros del Comité 1: Efectos de las radiaciones

R. Cox, Presidente (Reino Unido)
R.J.M. Fry, Vice-Presidente (Estados Unidos)
A.V. Akleyev (Rusia)
J.H. Hendry (Reino Unido)
A.M. Kellerer (Alemania)
C.E. Land (Estados Unidos)
J.B. Little (Estados Unidos)
K. Mabuchi (Japón)
R. Masse (Francia)
C.R. Muirhead Secretario (Reino Unido)
R.J. Preston (Estados Unidos)
K. Samkaranarayanan (Holanda)
R.E. Shore (Estados Unidos)
C. Streffer (Alemania)
Wei K (China)
H.R. Withers (Estados Unidos)

Miembros del Comité 2: Límites secundarios

A. Kaul, Presidente (Alemania)
 J.W. Stather, Vice-Presidente (Reino Unido)
 B.B. Boecker (Estados Unidos)
 A. Bouville (Francia)
 Chen X-a (China)
 G. Dietze (Alemania)
 K.F. Eckerman (Estados Unidos)
 F.A. Fry (Estados Unidos)
 J. Inaba (Japón)
 I.A. Likhtarev (Ucrania)
 J.L. Lipsztein (Brasil)
 H-G. Menzel (Alemania)
 H.J. Métivier (Francia)
 H. Paretzke (Alemania)
 A.R. Reddy (India)
 M. Roy (Francia)
 D.M. Taylor, Secretario (Reino Unido)

Comité 2 tiene ahora mismo un cierto número de Grupos de Trabajo incluyendo al de tracto digestivo humano, su dosimetría interna y cálculos de dosis (el mismo, entre otros aspectos, desarrolla un nuevo modelo dosimétrico) y de especificaciones sobre el Hombre de Referencia que está elaborando un informe sobre la información anatómica y fisiológica básica.

El Comité también ha discutido un nuevo programa de trabajo referido a los coeficientes de dosis para la contaminación de la piel y las heridas. El National Commission on Radiological Protection

(NCRP) de Estados Unidos ha designado un Comité sobre el tema y el Comité estuvo de acuerdo en esperar sus resultados antes de iniciar el trabajo propio.

Ha sido aprobado otro nuevo Grupo de Trabajo sobre coeficientes dosimétricos para las radiaciones externas. Este Grupo incluirá la estimación de las dosis efectivas para nube semi-infinita de radionucleidos y para suelos contaminados en superficie o a determinadas profundidades que pueden ser caracterizadas por distribuciones conocidas o medidas. Este Grupo será presidido por Herwig Paretzke, de Alemania.

Comité 3

El Comité 3 ha propuesto la organización de tres Grupos de Trabajo los cuales fueron aprobados por la Comisión. El primer Grupo de Trabajo se refiere a elaborar recomendaciones para evitar las lesiones radioinducidas en la radiología intervencionista. Este Grupo será codirigido por el Profesor Nakamura, de Japón, y el Dr. Sharp, de Gran Bretaña. El objetivo es producir un documento orientado a la prevención de las lesiones deterministas radioinducidas en los pacientes y profesionales debido a los procedimientos guiados fluoroscópicamente.

El segundo Grupo de Trabajo tratará sobre la prevención de accidentes y seguridad en radioterapia. Se dará un énfasis especial a los accidentes ocurridos recientemente y a las enseñanzas que de ellos se derivan. Se harán reco-

Miembros del Comité 3: Protección en medicina

F. Mettler, Presidente (Estados Unidos)
 J.M. Cosset (Francia)
 M.J. Guiberteau (Estados Unidos)
 L.K. Harding, Secretario (Reino Unido)
 J. Liniecki (Polonia)
 S. Mattsson (Suecia)
 H. Nakamura (Japón)
 P. Ortiz (España)
 L.V. Pinillos, Ashton (Perú)
 M.M. Rehani (India)
 H.G. Ringertz (Suecia)
 M. Rosentein (Estados Unidos)
 Y. Sasaki (Japón)
 C. Sharp (Reino Unido)
 W.Y. Ussov (Rusia)
 Yin W. (China)

mendaciones y se desarrollará una "check list" para las medidas preventivas importantes. El Grupo estará presidido por D. Pedro Ortiz, de España.

El tercer Grupo de Trabajo aborda el tema de la irradiación médica y el embarazo. Su objetivo fundamental es dar respuesta a las cuestiones habituales que se plantean en la práctica médica de cada día. Contendrá una discusión sobre las cuestiones a considerar antes de la irradiación de los pacientes en el diagnóstico y terapia de la medicina nuclear así como los potenciales cursos de acción después de una irradiación in útero. Asi-

mismo considerará a las profesionales embarazadas en las prácticas médicas. El Presidente del Comité 3, Fred Mettler, presidirá también este Grupo de Trabajo.

Por otra parte ya existía un Grupo de Trabajo del Comité 3 presidido por Sören Mattsson, de Suecia, sobre las dosis de radiación debida a radiofármacos. Este Grupo de Trabajo continuará su labor y considerará la puesta al día de la información incluida en la Publicación 53 para tener en cuenta la nueva información biocinética.

Miembros del Comité 4: Aplicación de las Recomendaciones de la Comisión

B.C. Winkler, Presidente (Sudáfrica)
R.V. Osborne, Vice-Presidente (Canadá)
R.M. Alexhakin (Rusia)
E. D'Amato (Argentina)
D. Cancio (España)
T. Godas (Suecia)
A.J. González (Argentina)
K.R. Kase (Estados Unidos)
T. Kosako (Japón)
W. Kraus (Alemania)
J. Lochar (Francia)
A.G. McEwan (Nueva Zelanda)
K.C. Pillai (India)
A. Sugier (Francia)
J.E. Till (Estados Unidos)
Xia Y (China)
C. Zuur (Holanda)
A.D. Wrixon, Secretario (Reino Unido)

Comité 4

El Comité 4 tiene dos Grupos de Trabajo en curso. El primero se refiere a la disposición final de los residuos radiactivos sólidos de vida larga y el segundo trata los principios para la protección del público en las situaciones de exposición crónica. Ambos Grupos ya están trabajando a buen ritmo. No se han organizado nuevos Grupos pero el Comité 4 ha comenzado a analizar futuras cuestiones y consecuentemente tiene un cierto número de Agrupaciones de Trabajo para revisar una serie de situaciones y preparar documentos para la próxima reunión. Los tópicos incluyen la revisión de las orientaciones de ICRP sobre optimización, protección del medio ambiente, radionucleídos descargados al medio ambiente y consideraciones sobre la radiación cósmica en la navegación aérea y espacial.

NOTAS ADICIONALES SOBRE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN MEDICINA (COMITÉ 3)

Al Comité 3 asisten como observadores las organizaciones internacionales tales como la Unión Europea y la Organización Mundial de la Salud.

Durante los últimos 15 años, el Comité 3 ha venido recopilando y preparando recomendaciones sobre protección en medicina que han dado lugar a los siguientes documentos:

Publicación 33: Protección radiológica de fuentes externas en medicina.

Publicación 34: Protección radiológica del paciente en radiodiagnóstico.

Publicación 44: Protección radiológica del paciente en radioterapia.

Publicación 52: Protección radiológica del paciente en medicina nuclear.

Publicación 53: Dosis de radiación a pacientes debida a radiofármacos.

Publicación 57: Protección radiológica de los trabajadores en medicina y odontología.

Publicación 73: Protección y seguridad radiológicas en medicina. Esta reciente publicación explica los nuevos conceptos de la Publicación 60 del ICRP aplicados a la medicina y establece así el marco para publicaciones más específicas como las que se incluyen en la lista más abajo.

Adicionalmente, se ha impreso una versión resumida de las publicaciones 34 y 52, que se han distribuido sin coste. Sin embargo, a pesar de esta abundante información, su utilización en medicina se ha limitado principalmente a los físicos médicos y especialistas en protección radiológica. Se verifica un uso escaso por parte de los médicos. Esto ha hecho que se haya visto limitado el impacto en cuanto a mejorar la protección y seguridad radiológicas en medicina.

Por otra parte, si bien las publicaciones citadas arriba cubren casi todas las áreas de las aplicaciones de la radiación en medicina y las recomendaciones contenidas en las mismas siguen siendo válidas y útiles en su mayor parte, hay áreas en las que se ha acumulado infor-

mación y experiencia con posterioridad a las mismas o se han ido haciendo patentes nuevos problemas. Tal es el caso de la experiencia acumulada recopilando información sobre incidentes en radioterapia o efectos deterministas en radiología intervencionista, así como la forma de evitarlas. La información contenida en las publicaciones 34 y 44, respectivamente, no es suficiente para dar respuesta a las cuestiones que han surgido y que requieren un tratamiento más específico.

El recién renovado Comité 3, en su reunión de Oxford, se planteó explorar cuáles son las causas y cuál sería el camino para lograr una mayor utilización de dichas recomendaciones.

Las respuestas consideradas han sido las siguientes:

1. Las recomendaciones deberían estar orientadas a responder a problemas concretos actuales que plantearían los médicos. Ejemplos de ello podrían ser las lesiones que se producen en radiología intervencionista y métodos para evitarlas, o la prevención de accidentes en radioterapia.
2. Se debería utilizar el lenguaje afín a los médicos mencionados además de, o incluso, en lugar de la terminología habitual de la ICRP, con la cual los especialistas médicos no están familiarizados. Para ello, los documentos deberían estar redactados con una mayor participación de los mismos "usuarios".
3. Puesto que lo importante es que la protección radiológica mejore, el mensaje de las recomendaciones

de la ICRP debe estar presente en el trabajo de los servicios que utilizan radiaciones. Por eso el mensaje no debería restringirse al formato convencional de los documentos, sino utilizar otros medios que lleguen mejor a dicha audiencia; por ejemplo, se debe explorar la posibilidad de complementar las publicaciones con posters que se puedan poner en sitio visible en dichos servicios. Adicionalmente, se podría explorar la posibilidad de aportar listas de chequeo o verificación. De la misma forma que listas de este tipo evitan accidentes en aviación, por ejemplo, y "el vuelo no se inicia sin un repaso minucioso de dichas listas", se pueden elaborar y promover medios parecidos en medicina.

4. Se debe estudiar la posibilidad de difundir las recomendaciones a través de los canales con los que los médicos se relacionan con certeza, es decir a través de las Sociedades de Radiología, Medicina Nuclear y de Radioterapia.

Tras elaborar estas conclusiones, el Comité 3 identificó los temas que preocupan a los profesionales en la actualidad, o aquellos por los que debieran interesarse. Como resultado de esto se identificaron los siguientes temas:

- Prevención de accidentes: seguridad en radioterapia.
- Prevención de lesiones en radiología intervencionista.
- Embarazo e irradiación médica.
- Protección radiológica en pediatría.

- Protección radiológica en medicina nuclear.
- Todo lo que el médico general debería saber sobre las radiaciones.
- Protección radiológica en tomografía computada.
- Niveles de dosis de referencia en radiodiagnóstico.
- Susceptibilidad genética.
- Residuos radiactivos.
- Dosis de radiación a pacientes debida a radiofármacos (actualización anual para incluir nuevos radiofármacos).

Se formaron grupos de trabajo para preparar, en primer lugar, documentos sobre los cuatro primeros temas de la lista anterior.

Es de notar que en el grupo de trabajo sobre radiología intervencionista se ha incluido un miembro español (E. Vañó), y que el presidente del grupo de trabajo sobre prevención de accidentes en radioterapia es otro español, miembro del Comité 3 (P. Ortiz).

El documento sobre radiología intervencionista contendrá una revisión de los efectos deterministas observados así como un análisis de sus causas. Algunas medidas parecen simples como reducir los tiempos de radioscopia, reducir la utilización de los modos de operación de más alta tasa de dosis, o evitar que el campo coincida siempre por la misma superficie de entrada al paciente. Sin embargo, para que puedan aplicarse, se requiere diseñar cuidadosos protocolos de exploración junto con los especialis-

tas que las realizan, incorporando los aspectos de reducción de dosis. Además, se requerirá entrenar a los profesionales y ensayar los métodos diseñados así como controlar dichas dosis. Además de los procedimientos, se revisarán, también, los medios tecnológicos de reducción de dosis.

El documento sobre prevención de accidentes en radioterapia contendrá una revisión de una extensa colección de unos 100 incidentes y accidentes, con una clasificación de las causas. Puesto que la mayor causa de accidentes la constituyen los errores humanos, se explorará la manera de introducir esta experiencia en los temarios de formación y entrenamiento, y de incorporarlos en los niveles de gestión y dirección. Por lo tanto una adecuada combinación de entrenamiento, junto con una adecuada defensa en profundidad incorporada en los procedimientos y en la organización de los hospitales.

Por último, se ha planteado en el Comité la eventual introducción en Internet de la información que requiere actualización permanente, tal como las dosis de radiación a pacientes debida a nuevos radiofármacos.

NOTAS ADICIONALES SOBRE LA APLICACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DE LA COMISIÓN (COMITÉ 4)

El Comité 4 tiene como misión proporcionar asesoramiento sobre la apli-

cación en la práctica del Sistema de Protección Radiológica de la ICRP. Ello incluye tanto los aspectos de protección de los trabajadores como del público. Este Comité es a su vez el interlocutor y punto de contacto con las organizaciones internacionales relacionadas con la protección radiológica. Por este motivo a sus sesiones son normalmente invitados representantes de la Unión Europea y de la Agencia de Energía Atómica de la OCDE. Todo ello tiende a garantizar una adecuada armonización internacional. En los últimos años el Comité ha preparado recomendaciones que han sido aprobadas y publicadas. Las mismas se refieren a la protección del público en accidentes radiológicos, al concepto de protección contra las exposiciones potenciales y al radón en las viviendas y lugares de trabajo (Publicaciones 63, 64 y 65 de la ICRP). Más recientemente se avanzó en el desarrollo de las recomendaciones de la Publicación 60 con la aplicación práctica de los principios de protección para los trabajadores y la aplicación de la protección para exposiciones potenciales debida a fuentes, fundamentalmente de uso médico e industrial (Publicaciones 75 y 76). Por otra parte el Comité 4 estuvo representado también en una Agrupación de trabajo que elaboró un documento de actualización de la Publicación 54 sobre Vigilancia individual de trabajadores para la exposición interna, el cual será publicado próximamente.

Finalmente la Comisión Principal ha elaborado un documento conceptual sobre la aplicación de los principios de

protección a la disposición final de los residuos radiactivos. Este documento sobre la política de la Comisión está ya aprobado para su publicación y constituye una base para un Grupo de Trabajo en marcha en el Comité sobre este tema. Precisamente en el Comité 4 se discutieron los aspectos fundamentales del mismo y puede destacarse como especialmente importante para la gestión de los residuos los dos conceptos que coexisten en las aproximaciones de "diluir y dispersar" frente a "concentrar y retener". Esta última da lugar a una subsecuente exposición potencial. Este aspecto está también reflejado en la Convención sobre la seguridad del combustible gastado y de los residuos de larga vida recientemente aprobada. Otro aspecto de importancia es que el informe es de utilidad para clarificar el uso de la dosis colectiva y, en especial los períodos de tiempo a considerar para su desagregación así como dar guías para la aplicación del principio de optimización.

Un Grupo de Trabajo del Comité 4 presidido por A. Sugier (Francia) y en el cual participa el experto español Pedro Carboneras presentó un borrador sobre la protección en la disposición final de residuos radiactivos sólidos de larga vida. La discusión de este documento ocupó una parte importante del tiempo y fundamentalmente el Comité estuvo de acuerdo con los aspectos principales del mismo. No obstante, se identificaron temas a ser desarrollados o modificados y se espera una nueva revisión para la próxima reunión del Comité. Es de hacer

notar que estas recomendaciones, que deben tener una orientación práctica y de guía, se refieren a los avances, con respecto al contenido de la Publicación 46 de la ICRP, orientados a clarificar los conceptos a aplicar en el largo plazo donde el sistema de protección no puede aplicarse en un sentido estricto tal como se utiliza para otro tipo de instalaciones u operaciones con radiaciones.

Otro tema de indudable actualidad, y para el cual el Comité 4 ha formado un Grupo de Trabajo, es el de las denominadas exposiciones crónicas. Las mismas, referidas al público, se definen como la exposición de miembros de la población a radiaciones que persisten por largos períodos de tiempo, habitualmente años, sin que medie ninguna acción humana para mantenerla. Ejemplos característicos los constituyen la exposición a radiación natural tal como el gas radón en las viviendas, y la presencia de materiales radiactivos residuales originados en antiguas prácticas o accidentes ocurridos en el pasado.

Las recomendaciones actuales de la ICRP, en rigor, cubren sólo algunas de las situaciones que pueden darse y existe un amplio rango de circunstancias en las cuales podría ser posible alguna influencia sobre el nivel de exposición. Baste recordar las situaciones actualmente objeto de actuaciones internacionales tales como la reubicación de población en la isla de Bikini donde existe una exposición residual debida a ensayos nucleares o los amplios territorios de la ex Unión Soviética contaminados tam-

bién por actividades militares o por el accidente de Chernobyl.

En la reunión de Oxford hubo oportunidad de examinar un primer borrador elaborado por el Grupo de Trabajo presidido por A. González (Argentina). En el mismo se revisan las recomendaciones de la Publicación 60 de ICRP y de otras complementarias en relación con la aplicación del sistema de protección a las situaciones de exposición crónica. A la luz de las mismas se proponen recomendaciones y guías adicionales fundamentalmente sobre la aceptabilidad de las exposiciones crónicas y sobre la gestión en la práctica de estas situaciones. Durante la discusión se intercambiaron puntos de vista y se identificaron aspectos a desarrollar o modificar. El documento será revisado por el Grupo de Trabajo después de la Conferencia sobre dosis bajas de radiación en Sevilla y se espera una nueva propuesta para que el Comité 4 pueda discutirla en su próxima reunión anual.

Otro tema de gran interés práctico, relacionado con el anterior, y que ha sido discutido sobre la base de un documento preparado por el Presidente de la ICRP se refiere a lo que podría denominarse como "dosis que pueden ser controladas". Ello sale al paso de la confusión que se ha producido en la interpretación del límite de dosis el cual aplica solamente a la suma de las dosis que se originan en un limitado conjunto de fuentes o situaciones. En muchas ocasiones el límite es interpretado erróneamente como la frontera que divide situaciones seguras

o no. Para el público, por ejemplo, existe confusión sobre la aplicación del límite de dosis anual de 1mSv mientras que el Nivel de Acción para el radón presente en las viviendas está establecido entre 3 a 10 mSv por año. Por otra parte, en un accidente, el límite de dosis no aplica y la intervención no se considera hasta que las dosis esperadas estén en el rango 5 a 50 mSv. Por ello la discusión se centró en unas posibles recomendaciones para clarificar la situación. La decisión ha sido formar una Agrupación de trabajo presidida por R. V. Osborne (Canadá).

Finalmente otro tema de interés se refiere a la declaración de ICRP sobre la protección del Medio Ambiente en el sentido de que el control que se necesita para proteger al hombre asegura que también están protegidas otras especies. Esta declaración considerada como válida en la gran mayoría de situaciones tal vez requiera alguna clarificación, por ejemplo, en el caso de accidentes. Este tema ya había sido considerado por una Agrupación de Trabajo la cual ha ampliado sus objetivos para analizar la situación actual sobre lo que puede entenderse por protección del medio ambiente y se reorganizó teniendo ahora como Presidente a R.M. Alexakhin (Rusia).

Otros temas que el Comité ha tratado y serán abordados por diferentes Agrupaciones de Trabajo se refieren a la necesidad de revisar las Publicaciones 29 y 43 referidas al vertido de radionucleidos al medio ambiente, las Publicaciones 37 y 55 referidos a la optimización y la opor-

tunidad de formular recomendaciones referidas a la exposición a rayos cósmicos en la navegación aérea. El Comité 4 volverá a reunirse en junio de 1998 y por primera vez la reunión será en España.

REFERENCIAS

Publicaciones del ICRP desde la Publicación 60 en adelante

1991. Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of ICRP 21 (1-3).
1991. Publication 61 Annual Limits on Intake of Radionuclides by Workers Based on the 1990 Recommendations. Annals of ICRP 21 (4).
1992. Risks Associated with Ionising Radiations. Annals of ICRP 22 (1).
1992. Publication 62. Radiological Protection in Biomedical Research. Annals of ICRP 22 (3)
1992. Publication 63. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. Annals of ICRP 22 (4)
1993. Publication 64. Protection from Potential Exposure. Annals of ICRP 23 (1)
1993. Publication 65. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. Annals of ICRP 23 (2)
1994. Publication 66. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. Annals of ICRP 24 (1-3)
1993. Publication 67. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2. Annals of ICRP 23 (3-4)
1994. Publication 68. Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. Annals of ICRP 24 (4)
1995. Publication 69. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3. Annals of ICRP 25 (1).
1996. Publication 70. Basic Anatomical and Physiological Data for use in Radiological Protection: The Skeleton. Annals of ICRP 26 (2)
1995. Publication 71. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients. Annals of ICRP 25 (3-4)
1995. Publication 72. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5. Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients. Annals of ICRP 25 (1)
1996. Publication 73. Radiological Protection and Safety in Medicine. Annals of ICRP 26 (2)
1996. Publication 74. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. Annals of ICRP 26 (3-4)
1997. Publication 75. General Principles for the Radiation Protection of Workers. Annals of ICRP 27 (1)
1997. Publication 76. Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources. Annals of ICRP 27 (2)
1997. Publication 77. Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste.
1997. Publication 78 Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation (Update of Publication 54)
1997. Publication 79 Genetic Susceptibility to Cancer
1997. Publication - Radiation Doses to patient from radiopharmaceuticals. Addendum 2 to Publication 53.
- 1997/98. Publication - Basic Anatomical and Physiological Parameters for use in Radiological Protection, Part 2, Anatomy, Physiology and Elemental Composition.

PRÓXIMAS PUBLICACIONES

1997/98. Publication - Risk Estimation for Multifactorial Diseases

1997/98. Publication - Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 7, Reliability of Dose Coefficients.

1997/98. Publication - Basic Anatomical and Physiological Parameters for use in

Radiological Protection, Part 3, Respiratory and Digestive Systems.

1998. Publication - Principles for the Protection of the Public against Chronic Exposure Situations.

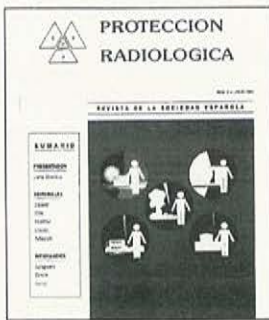
2000. Publication - Limits for Intakes of Radionuclides by Workers: Revision of Publication 30.

INFORME TÉCNICO

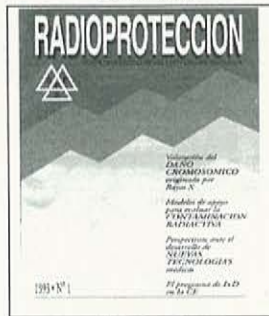
1997. Use of the Respiratory tract Model for Calculating Doses for Specified Inhaled Chemical Forms of Radionuclide.



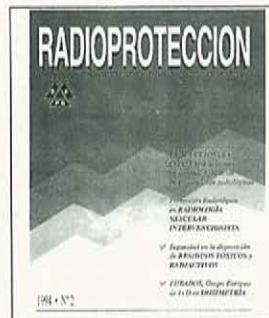
NUM. 0 - JULIO 1991



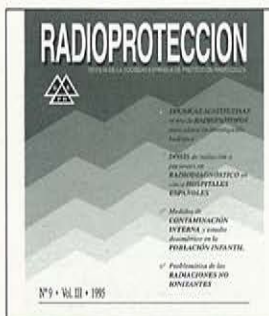
NUM. 1 - 1993



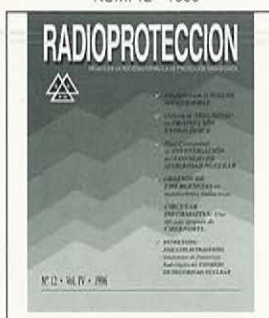
NUM. 2 - 1994



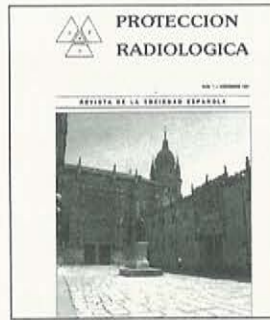
NUM. 9 - 1995



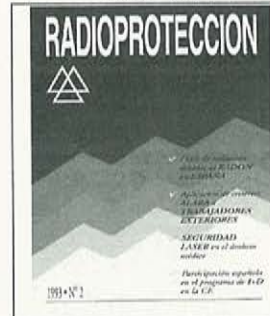
NUM. 12 - 1996



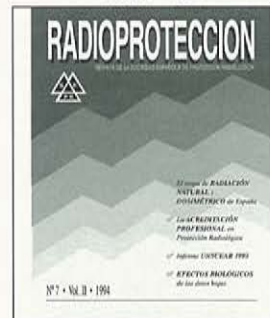
NUM. 1 - NOV 1991



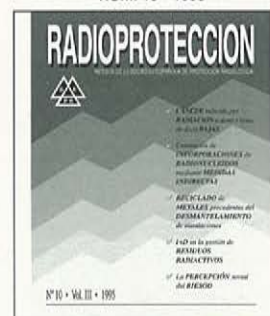
NUM. 2 - 1993



NUM. 7 - 1994



NUM. 10 - 1995



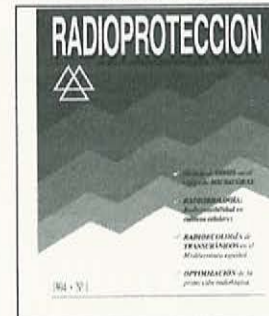
NUM. 13 - 1996



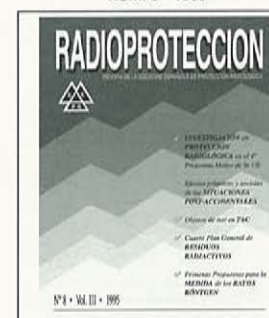
NUM. 2 - MAYO 1992



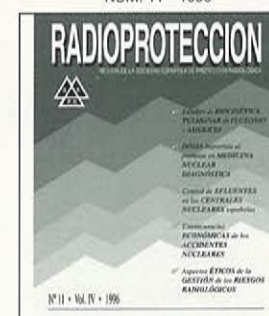
NUM. 1 - 1994



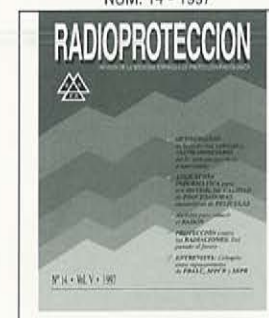
NUM. 8 - 1995



NUM. 11 - 1996



NUM. 14 - 1997



Entrevista al profesor Félix Ynduráin, Director General del CIEMAT

Félix Ynduráin Muñoz, Vicepresidente y Director General del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), es Catedrático de Física de la Materia Condensada en la Universidad Autónoma de Madrid con extensa experiencia investigadora. Desde 1987 a 1990 ha sido Coordinador de Física y Matemáticas de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, y desde 1987 a 1992 fue Coordinador español para el uso de la Radiación Síncrotrón y Jefe de la Delegación Española en el Consejo de Administración del ESRF (European Synchrotron Radiation Facility). Desde 1988 a 1995 ha sido Gestor del Programa para



Universidades como en Centros de Investigación Aplicada: Universidad de Cambridge, Universidad de Berkeley, IBM, T. J. Watson Research Center, Xerox Research Center, M.I.T., Universidad de París-Orsay, Max Planck Institute Stuttgart, etc.

la Movilización de la Investigación, el Desarrollo y las Aplicaciones de los Superconductores (MIDAS) suscrito por Red Eléctrica de España, UNESA, PIE y CICYT en junio de 1988. Es premio A. von Humboldt de Investigación (Alemania), 1989, y ha publicado más de un centenar de trabajos de investigación en las revistas internacionales más prestigiosas. Ha trabajado en diversos organismos de investigación extranjeros, tanto en

Pregunta: Puede indicarnos, en líneas generales, ¿cuáles son los objetivos del CIEMAT?

Respuesta: El CIEMAT como sabe, es un Centro Nacional de Investigación en Energía y como tal, nuestro objetivo en esta fase que atravesamos, en la que hemos acometido un importante y ambicioso proceso de reestructuración, es hacer de él el Centro Nacional por Excelencia en investigación sobre

energía y su impacto en el medio ambiente. ¿Cómo? Con proyectos de calidad científica y tecnológica, orientados a resolver problemas concretos que se plantean constantemente en nuestro entorno, tanto en los aspectos más básicos, de valor estratégico a medio plazo, como en los más tecnológicos, de inminente aplicación industrial.

P: ¿Cuál es el sistema de financiación del CIEMAT?

R: Tenemos un presupuesto de unos 10.500 millones de pesetas al año, de los que aproximadamente un 65 por ciento son por transferencia directa del Estado y el resto proceden de actividades de I+D, acuerdos con empresas nacionales, compañías eléctricas y con la Unión Europea.

P: El CIEMAT realiza trabajos de investigación básica y aplicada. ¿Cuál de estos dos grandes bloques está más desarrollado?



R: Conjugar conocimiento y aplicación es nuestra meta. El CIEMAT, por definición, como Centro de Investigación, ha desarrollado, desarrolla y desarrollará proyectos de investigación básica que hagan posible que se produzca y consuma energía, que es un bien limitado y que contamina; tenemos por tanto que hacer compatible el desarrollo y la conservación de los recursos básicos con la calidad del medio ambiente y, por ende, con la calidad de vida. Paralelamente y precisamente como resultado de nuestras investigaciones, hemos desarrollado más de 150 capacidades que pueden tener aplicaciones tecnológicas inmediatas, muchas de ellas de aplicación en campos tan diferentes del sector energético como la salud o las telecomunicaciones. En síntesis, de nuestra misión que es investigar se deriva la capacidad de aplicar; así nos hemos convertido en el eslabón entre la investigación, la innovación, el desarrollo tecnológico, los servicios y la industria.

P: Básicamente hay 5 grandes áreas de actuación en el CIEMAT, Fisión Nuclear, Fusión y Partículas Elementales, Combustibles Fósiles, Energías Renovables e Impacto Ambiental de la Energía. ¿Se potencian de igual manera todas ellas o, por el contrario, considera que es necesario mejorar el desarrollo en alguna concreta potenciándola especialmente?

R: No hay un esquema establecido para potenciar o no alguna en particular. En un Centro tan diversificado en donde contamos con un panel de científicos y tecnológicos de reconocido prestigio, no hay prio-

ridades establecidas. La propia evolución de proyectos en cada una de las áreas marca la pauta; además, estamos abiertos a todas las iniciativas que surjan en cualquiera de las opciones energéticas.

Por otra parte, no podemos hacer abstracción de otras actividades que realizamos, como la formación especializada y el desarrollo de conocimientos adecuados para asesorar a la Administración en la toma de decisiones en estas materias.

P: En el CIEMAT trabajan, aproximadamente, 1400 personas. ¿Cuál es la distribución? ¿Cuál es el porcentaje de personal en formación?

R: La distribución por Departamentos al cierre del año pasado era la siguiente: los Departamentos de Fisión Nuclear, Energías Renovables y Fusión y Física de Partículas concentraban alrededor de 150 personas cada uno; el Departamento de Combustibles Fósiles alrededor de 90 y por último el Departamento de Impacto Ambiental de la Energía con cerca de 220 personas; el resto es personal de Áreas de Formación, Administrativas y de Gestión. Un 45% de la plantilla es titulado superior o medio. En cuanto al porcentaje de personal en Formación, (Ayuda Investigación, Becas, Contratos en Prácticas, etc.) alcanzó un 14 por ciento del personal titulado en el mismo periodo.

P.-¿Puede indicarnos cuáles son, en estos momentos, los proyectos más relevantes que se llevan a cabo en el CIEMAT en la disciplina de Protección Radiológica?

R: Los proyectos del CIEMAT en la disciplina de Protección Radiológica tienen que ver tanto con el área ambiental como con la protección radiológica en instalaciones y de los trabajadores del propio Centro. Además, no podemos olvidar la actividad de nuestro Instituto de Estudios de la Energía en este campo, con un importante número de cursos, seminarios, jornadas, etc. organizados con carácter periódico sobre aspectos genéricos y también con carácter específico para cubrir demandas concretas.

En el área de Protección Radiológica de la población general se trabaja, fundamentalmente, en aspectos como: estrategias de recuperación de zonas contaminadas por radiactividad tras accidentes; evaluación de impacto radiológico de las opciones de disposición de residuos radiactivos; investigaciones y servicios en el campo de la dosimetría de radiaciones y, por último, en estudios básicos en el área de la radiobiología tendentes a mejorar el conocimiento de los efectos de las radiaciones a dosis bajas y los mecanismos implicados.

En cuanto a la Protección Radiológica que se realiza en las instalaciones del Centro, las actividades y procedimientos operativos, se ejecutan bajo conceptos de optimización, garantizando la protección y control de los operadores, tanto en las operaciones rutinarias de funcionamiento como en las de desmantelamiento y desclasificación.

P: En el Departamento de Impacto Ambiental de la Energía se desarrollan los proyectos relacionados con la protección radiológica. ¿Qué

aspectos considera destacables de estos proyectos?

R: Efectivamente, el DIAE es el Departamento del CIEMAT que integra la I + D en el campo de la Protección Radiológica, y sus aspectos más destacables tienen que ver con las áreas de actuación que ya le he mencionado. En este sentido, pueden considerarse de interés los estudios de transferencia y comportamiento ambiental de radionucleidos, las evaluaciones dosimétricas debidas tanto al funcionamiento normal de instalaciones nucleares, incluidas las relativas al almacenamiento de residuos radiactivos, como bajo un caso potencial de contaminación accidental, la mejora de los métodos de medida de las dosis externas e internas y la comprensión de los efectos de tales dosis.

En este sentido se pretende poner a disposición de los organismos con competencia en la regulación, gestión, toma de decisiones, etc., criterios, metodologías y herramientas basadas en la mejor información disponible, que constituyan un apoyo científico-técnico fiable para las actuaciones requeridas.

P: ¿Considera que el CIEMAT está suficientemente integrado en los programas de I+D que incluyen los aspectos de Protección Radiológica, tanto a nivel nacional como internacional?

R: La integración de la I + D que se realiza en el CIEMAT, en los programas nacionales e internacionales, es siempre uno de los puntos de referencia y objeti-

vos del Centro. En este sentido, es necesario subrayar que, entre los Centros Públicos de Investigación, el CIEMAT es, después del CSIC, el organismo que obtiene más financiación de los Programas de I+D de la UE.

En lo referente a la disciplina de Protección Radiológica, la participación en el Programa de Seguridad de la Fisión Nuclear de la UE es significativa, con alrededor de 15 proyectos. Una prueba evidente de la integración en el marco europeo, es el vigente contrato de asociación EURATOM-CIEMAT para el tema de la intervención dirigida a la restauración ambiental post-accidente nuclear durante el actual Programa Marco. Asimismo, se tiene una muy alta participación en los Planes de I + D del CSN, y ENRESA.

P: En el tema de la Protección Radiológica, ¿qué grado de colaboración existe entre el CIEMAT y el resto de organizaciones o empresas nacionales con actividades o competencias en este campo?

R: Como ya le he expuesto, el grado de colaboración es alto y, en mi opinión, fuertemente positivo.

Con el CSN, que es la autoridad reguladora en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, el CIEMAT mantiene una relación fluida y mutuamente beneficiosa en temas de desarrollo y apoyo, que cubren controles de calidad en vigilancias radiológicas, medidas de radiactividad ambiental, dosimetría ambiental y de personas (externa e inter-

na), intercomparaciones, etc... con acuerdos de colaboración y bajo la supervisión de una comisión mixta de seguimiento y evaluación.

Con ENRESA el CIEMAT tiene firmados un conjunto de acuerdos para apoyo técnico y mejora del *know-how* relativo a la gestión de residuos radiactivos que suponen un porcentaje significativo de la actividad del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía. En particular, los aspectos de caracterización de emplazamientos para el almacenamiento geológico profundo, constituyen uno de los ejes de la colaboración con ENRESA.

Asimismo, el CIEMAT colabora con ENUSA para temas específicos y tiene una gran diversidad de acuerdos de colaboración con universidades españolas, además de actuar prestando servicios a un gran número de empresas con actividades en el campo de la Protección Radiológica.

P: ¿Mantienen colaboración con las diferentes Sociedades Profesionales?

R: El CIEMAT colabora con múltiples Sociedades Profesionales en la organización de jornadas técnicas, cursos y seminarios; también patrocina diversos congresos nacionales e internacionales que se celebran en España; algunos de sus miembros participan activamente en diferentes publicaciones técnicas y científicas, como por ejemplo en esta revista, etc.



COMITÉ CIENTÍFICO DE "RADIOPROTECCIÓN"

JOSEP BARÓ CASANOVAS

- Doctor en Ciencias Físicas.
- Puesta a punto de los sistemas de detección del laboratorio de radiología ambiental de la Universidad de Barcelona (1982-1985). Jefe de P.R. de la U.T.P.R. SENUA, prestando servicios como responsable de P.R. operacional en planta en CCNN Ascó (1985-1989), Jefe de P.R. de la U.T.P.R. ACPRO y también responsable de



Protección Radiológica en la Universidad de Barcelona (desde 1989 hasta la actualidad). Autor de 20 artículos versando sobre: sistemas de detección de bajo fondo, protección radiológica operacional, control de calidad en radiodiagnóstico, gestión de residuos radiactivos, técnicas de Monte Carlo para la simulación del transporte de fotones y electrones. Director en diversos cursos de capacitación, tanto de supervisores como de operadores de instalaciones radiactivas.

PEDRO CARBONERAS MARTÍNEZ

- Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid (1972).
- En la actualidad Jefe del Departamento de Seguridad y Licenciamiento de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), desde 1986.
- Anteriormente en la C.N. Almaraz, como Jefe de Producción en el emplazamiento y del Departamento de Seguridad y Licenciamiento (1973-1986).
- Experiencia profesional:
 - Seguridad y Operación de instalaciones nucleares.
 - Planteamiento y realización de evaluaciones de la seguridad aplicada a la gestión de residuos radiacti-



- vos (Baja y alta actividad). I+D en métodos y capacidades para realizar dichas evaluaciones.
- Otras responsabilidades o actividades:
 - Miembro de la Sociedad Nuclear Española y de la Sociedad Española de Protección Radiológica.
 - Representante español en diversos grupos y proyectos en NEA-OCDE, IAEA, y UE.
 - Estrecha relación con desarrollos actuales en ICRP; NEA-CRPPU, UE Art. 31, UNSCEAR, etc.
 - Miembro del Grupo de Trabajo de ICRP para desarrollo de la publicación nº 46 sobre criterios de protección radiológica en la gestión final de los residuos radiactivos de vida larga.

MIGUEL CARRASCO ASENJO*Formación académica*

- Licenciado en Medicina y Cirugía por la Universidad de Valencia en 1973.
- Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Alcalá de Henares en 1993. (Depto. de Ciencias Médico Sociales).
- Especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública. 1982.
- Especialista en Microbiología y Parasitología. 1978.
- Diplomado en Sanidad. 1974.
- Médico Epidemiólogo de Sanidad Nacional por oposición. 1979.
- Médico de Sanidad Nacional por oposición. 1981.

*Situación profesional actual*

- Jefe de Sección de Medicina Preventiva (Estatutario en excedencia por incompatibilidad desde Enero de 1987).
- Jefe de Servicio de Formación e Investigación (1-12-88) de la Consejería de Sanidad y Servicios Sociales de la Comunidad de Madrid.
- Secretario General del Centro Universitario de Salud Pública (1-12-88) de la Universidad Autónoma de Madrid y de la Comunidad de Madrid.
- Coordinador de la Subcomisión de Formación de la Comisión Regional de Prevención y Control de la Tbc en la Comunidad de Madrid. 1997.
- Representante de la Sociedad Española de Epidemiología en el Grupo de Trabajo para la colaboración con el Comité de Certificación Nacional de la erradicación de la Poliomiélitis. 1997.

ANTONIO DELGADO MARTÍNEZ

- Doctor en Ciencias Físicas (Nov 1972).
- Posición actual: Jefe del Proyecto de Dosimetría de Radiaciones del CIEMAT.
- Experiencia profesional: Física Atómica, Física del Estado Sólido, Metrología y Dosimetría de Radiaciones.



- Investigador principal en proyectos de investigación en áreas de la Física y la Dosimetría de las Radiaciones, financiados por UE (3), NATO (1), CSN (3), ENRESA (2), CICYT (1), FISss (1).
- Autor o coautor de más de setenta publicaciones en revistas científicas de difusión internacional, tres de ellos invitados (Physical Review, Journal of Applied Physics, Journal of Physics C, y D, Physics in Medicine and Biology, Health Physics, Radiation Measurements y Radiation Measurements y Radiation Protection Dosimetry, entre otras).

- Miembro de los Comités Científicos Editoriales de Radiation Measurements y Radiation Protection Dosimetry. Coordinador del Comité Científico de RADIO-PROTECCIÓN entre los años 1994 y 1996.
- Presidente de la 12 International Conference on Solid State Dosimetry. Miembro de los comités científicos, así como conferenciante invitado de varias conferencias internacionales. Profesor invitado de varios cursos de formación organizados por la UE y la NATO en temas de Metrología y Dosimetría de Radiaciones.
- Miembro de varios comités de expertos de la UE en asuntos relacionados con procedimientos de control de calidad y fiabilidad dosimétrica personal y en radiodiagnóstico.



EUGENIO GIL LÓPEZ



- Doctor en Ciencias Físicas por la UAM (1978) y Diplomado en Ingeniería Nuclear por el Instituto de Estudios de la Energía de la JEN (1977-78).
- Trabajó en el Grupo de Altas Energías y en el Departamento de Seguridad Nuclear de la Junta de Energía Nuclear hasta la creación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Desde 1981 trabaja en el CSN donde ha sido Jefe de la Sección de Análisis del Núcleo, Jefe del Área de Ingeniería de la Protección Radiológica y Jefe del Área de Análisis de Accidentes. En la actualidad es Subdirector General de Ciclo y de Residuos.
- Es miembro del Comité de Gestión de Residuos Radiactivos de la Agencia para la Energía Nuclear (NEA) de la OCDE (RWMC) y del Comité WASSAC de la OIEA encargado de coordinar el Programa RADWASS de normativa

aplicable a la gestión de los residuos radiactivos. Es miembro de la SEPR y de la SNE.

- Ha participado como experto del OIEA y de la UE en misiones en Bulgaria, Ucrania y Rusia para asesorar a los Gobiernos de estos países en el desarrollo e implantación de normativa sobre Protección Radiológica y en la gestión de los Organismos Reguladores respectivos. Ha realizado numerosas publicaciones en el campo de la Física de Altas Energías, la Seguridad Nuclear, la Protección Radiológica y la Gestión de Residuos Radiactivos. Ha pronunciado conferencias y dictado cursos en numerosas Universidades e Instituciones especializadas. Ha organizado y dirigido varios cursos de especialización, reuniones técnicas, seminarios y congresos de ámbito nacional e internacional.

JOSÉ GUTIÉRREZ LÓPEZ



- Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense, Madrid.
- Más de 20 años de experiencia en el área de Protección Radiológica, actualmente centrado en la PR por intervención.
- Puesto actual: Director del Dpto. de Impacto Ambiental de la Energía del CIEMAT.

- Representante español en:
 - Comité de Protección Radiológica y Salud Pública (CRPPH) - NEA/OCDE.
 - Comité Consultivo del Programa de Seguridad de la Fisión Nuclear-UE.
- Miembro de varios grupos de expertos y autor de más de 30 ponencias y publicaciones científicas.

– Coordinador del Comité Científico de RADIOPROTECCIÓN.

IGNACIO HERNANDO GONZÁLEZ

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Valladolid (1971), inicia su actividad profesional en el campo de la ingeniería nuclear, en la empresa SENER. En 1978 se incorpora al Hospital Río Hortega, desarrollando desde entonces su trabajo en campos diversos de la física médica, la dosimetría de radiaciones ionizantes y la radioprotección. En 1982 obtuvo la acreditación, otorgada por el Consejo de Seguridad Nuclear, como Jefe de Servicio de Protección Radiológica. Desde 1990, y hasta el momento presente, es responsable de un Servicio de Protección Radiológica, creado por el INSALUD, con sede en ese Hospital, y que da cobertura a



sus instalaciones radiactivas en seis provincias de Castilla y León.

La mayor parte de su actividad profesional reciente se ha desarrollado en el área de la radiofísica del radiodiagnóstico médico y de la protección radiológica en instalaciones del ámbito sanitario. Ha presentado trabajos y comunicaciones en estas áreas y ha participado en diversas comisiones, entre ellas, las encargadas de redactar el Manual General de Protección Radiológica del INSALUD y el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, publicado por la SEFM y la SEPR. Ha desarrollado también una extensa actividad docente en las áreas mencionadas. En la actualidad, es profesor asociado de Radiología y Física Médica de la Facultad de Medicina de Valladolid.

JERÓNIMO ÍÑIGUEZ SÁEZ

- Licenciado en Ciencias Físicas (Universidad de Barcelona) y Graduado en Tecnologías Energéticas (Universidad Politécnica de Madrid).
- Inició sus actividades en la C.N. Vandellós I como Jefe de la Sección "Instrumentación y medidas" de la División de Protección Radiológica.
- A continuación, se incorporó en la División de Protección



Radiológica de AMYS, perteneciendo actualmente a la División de Protección Radiológica de la Dirección Nuclear de UNESA.

- Forma parte de diversos Grupos de Trabajo, de ámbito nacional e internacional, relacionados con la Protección Radiológica de las CC.NN. Asimismo ha desarrollado actividades docentes y publicado diversos artículos relacionados con esta actividad.



LUIS M. MARTIN CURTO

- Licenciado en Medicina y Cirugía en Junio 1968 (Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca).
- Doctorado en la Facultad de Medicina Autónoma de Madrid en Marzo de 1989 con la calificación de APTO CUM LAUDE por unanimidad.
- Especialista en Electroradiología por la Universidad de Bilbao.



- Especialista en Medicina Nuclear por la Universidad Autónoma de Madrid.
- Usuario de Unidades de Teleterapia por la Junta de Energía Nuclear.
- Licencia de Supervisor en Medicina Nuclear.
- Director Médico, con autorización del Ministerio de Sanidad y a Instancias del C.S.N. del Instituto Sanitario de Protección Radiológica, Madrid, 1984 hasta la actualidad.

VICENTE RIUS CHORNET

- Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid.
- Desde 1965 a 1975 trabajó como investigador en el Gabinete de Aplicaciones Nucleares a las Obras Públicas del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- Desde 1966 a 1975 simultáneo sus actividades de investigación con las de Profesor Adjunto en la Universidad Politécnica de Madrid.



- En 1975 comienza sus actividades en Hidroeléctrica Española S.A. (hoy IBERDROLA S.A.) como Jefe de Protección Radiológica de Central Nuclear de Cofrentes hasta 1995.
- Desde 1995 hasta hoy es Jefe de Ingeniería de Protección Radiológica de Central Nuclear de Cofrentes.
- Es miembro fundador de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

FRANCISCO JOSÉ RUIZ BOADA

- Licenciado en Biología, con especialidad en Bioquímica.
- Pertenece al Cuerpo Superior de Facultativos Especialistas de Sanidad.
- Ha desarrollado su labor profesional en el Ministerio de Sanidad y Consumo y en la actualidad en el Ministerio del Interior, donde ostenta el cargo de Subdirector General Adjunto de Planes y Operaciones de la Dirección General de Protección Civil, en el que, entre otros apartados, dirige la planificación del Riesgo Nuclear en España, la Red de Alerta a la Radiaci-



- vidad, Riesgo Químico y Riesgos Naturales, así como el Centro Nacional de Coordinación Operativa de Emergencias.
- Igualmente forma parte, como Delegado español, del Comité de Autoridades Competentes de la Unión Europea para la Directiva sobre Accidentes Químicos Industriales de Tipología Mayor y en el Grupo de Expertos en accidentes con productos industriales de la OCDE.
- Ha colaborado con diferentes organizaciones nacionales e internacionales, impartiendo conferencias o publicando artículos técnicos relacionados con la Seguridad.

ANGELES SÁNCHEZ SÁNCHEZ

- Centro de Trabajo: Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa" (C.S.I.C-U.A.M.), Madrid.
- Licenciada en Ciencias Biológicas - Universidad Complutense de Madrid (1982).
- Titulado Superior Especializado del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Especialidad "Protección radiológica y Seguridad Biológica".
- Jefe del Servicio de Seguridad Biológica del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (desde 1986 hasta la actualidad).



- Responsable de radioprotección y Supervisor responsable de la instalación radiactiva de segunda categoría del C.B.M.S.O., la mayor ámbito en el área de instalaciones radiactivas de investigación y docencia biológica.
- Es autora de 18 comunicaciones a congresos y de 7 publicaciones científicas.
- Miembro de: Sociedad Española de Protección Radiológica/Sociedad de Radiofarmacia/Sociedad Española de Sanidad Ambiental/Colegio Oficial de Biólogos.

LUIS MIGUEL TOBAJAS ASENSIO

- Doctor en Medicina y Cirugía.
- Médico Especialista en Medicina Nuclear.
- Médico Especialista en Medicina del Trabajo.
- Diplomado en Medicina de Empresa.
- Jefe Servicio Médico de la Asociación Nuclear Ascó desde 1980 hasta la actualidad.
- Jefe del Servicio de Prevención de la Asociación Nuclear Ascó, desde Octubre de 1997.



- Coordinador del Grupo Médico CCNN-UNESA desde Enero 1997.
- Coordinador del Grupo Medicina Sociedad Española de Protección Radiológica.
- Vocal de la Junta Directiva de la S.E.P.R. (1987-1989).
- Autor de diversas publicaciones, comunicaciones, ponencias para Jornadas y Congresos en materia de Radioprotección y Vigilancia Médica.

NOTA: Al cierre de la edición de la revista, no disponemos del currículum y foto de Felipe Cortés y Pedro Ortiz, miembros del Comité Científico de RADIOPROTECCIÓN.



ASAMBLEA GENERAL EXTRAORDINARIA DE LA SEPR

El pasado 16 de octubre, a las 17,00 horas, tuvo lugar la Asamblea General Extraordinaria Anual de la Sociedad Española de Protección Radiológica, en el Salón de Actos del Ministerio de Sanidad y Consumo, en Madrid, con el siguiente orden del día y contenido.



1. Aprobación por unanimidad del Acta de la Asamblea General Extraordinaria del 25 de septiembre de 1996.

2. Informe del Presidente de la SEPR.

El Presidente, D. Eduardo Sollet, inició su intervención agradeciendo la colaboración realizada por los distintos socios que han desarrollado un importante esfuerzo personal de colaboración, empuje y acierto en los quehaceres de la Sociedad.

El balance del último año de gestión es, en opinión de toda la Junta Directiva, un buen año de continuidad con los anteriores, y de unos resultados logrados y perspectivas que apuntan a que nuestra Sociedad pueda afrontar el futuro con fundadas esperanzas de éxito. Todo ello ha contribuido al primer objetivo propuesto por la Junta Directiva de proporcionar un mayor incremento de la presencia institucional de nuestra Sociedad Científica.

El Presidente hizo una exposición de las actividades realizadas por la SEPR, así como de las futuras. A continuación se reflejan los aspectos más destacados de esta exposición, no haciendo mención a las actividades pasadas, cuya información ha sido ya reflejada en esta publicación.

ACTIVIDADES FUTURAS

- Jornadas científicas.
 - Jornada sobre "Exposición a la Radiación Natural" en 1998, sin fecha definida.
 - Se ha pospuesto para el próximo año la Jornada sobre "Control de Calidad en Medicina Nuclear", que estaba prevista para los días 10 y 11 de octubre pasado en Jarandilla (Cáceres).
 - Jornada sobre "Exposiciones Médicas" en abril de 1998.
- Cursos de Formación.
 - "Curso de transporte de material

radiactivo", se trata de un Curso teórico-práctico sobre el transporte de material radiactivo por carretera, incluyendo los aspectos legales del transporte por otras vías.

- 2ª Edición del "Curso de Radiobiología avanzada.
- "Curso de Radiopatología", coincidiendo con el Congreso de la Sociedad Cubana de Protección Radiológica.

- Publicaciones.
 - Traducción del ICRP-73, la Protección Radiológica en Medicina.
 - Traducción de la Guía de Seguridad nº 109 del OIEA, para "Actuación en Emergencias Radiológicas" en el caso de no existencia de edición en castellano.

- Congresos.
 - VII Congreso Nacional de la SEPR y IV Congreso Regional de Países Europeos del Mediterráneo Occidental (Congreso Regional IRPA).
 - 4º Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear (Congreso Regional IRPA).

3. Estado de cuentas y presupuesto.

El Tesorero, D. Pío Carmena, presentó los informes económicos del año 1996, ya cerrado, la previsión del año 1997, a punto de finalizar y el presupuesto pre-

visto para el año 1998. Este hecho hace que se pueda observar la evolución de las distintas partidas, reflejo del rumbo que la actual Junta Directiva está dando a la Sociedad.

El año 1996 se cerró con un superávit de 1.495.474 de pesetas, debido al notable incremento de la venta de publicaciones y al inicio de la aplicación de la política de apoyo económico a las actividades técnicas y de cooperación internacional. En el año 1997 se ha consolidado esta política de apoyo económico, a través de actividades específicas, por parte de entidades financiadoras como el CSN, CIEMAT, ENRESA, ENUSA, Ministerio de Sanidad y UNESA. La previsión al cierre del año marcará un superávit de 1,3 millones de pesetas. En esta línea, la Junta Directiva ha decidido centralizar la captación principal de apoyos a actividades específicas como los Congresos, que en años anteriores formaban un presupuesto independiente. Con ello, el presupuesto total se ha aumentado en casi un 50% con respecto al año anterior. Para el año 1998 se pretende mantener la misma política de financiación de las actividades de la Sociedad, con un presupuesto equivalente al del año 1997, unos gastos de 15.475.000 pesetas y unos ingresos previstos de unos 16.845.000 pesetas. En la evolución de las actividades cabe destacar el paso de un 38% de actividad económica debido a las actividades técnicas a un 66% durante los años 1997 y 1998, trayectoria marcada por una línea continuista de las Directivas precedentes y actual.

La Asamblea aprobó, por unanimidad, los presupuestos presentados.

4. Altas y Bajas de socios y modificación de los Estatutos de la SEPR.

El Secretario General, D. Manuel Fernández, informa de las 24 altas de socios durante el último año. Recuerda que el motivo de que la Asamblea sea extraordinaria es por la necesidad de aprobar la modificación de Estatutos cuyo borrador se presentó en la Asamblea anterior. Tras detallar la situación de los Estatutos se procedió a su votación, aprobándose por unanimidad.

5. Propuesta de Reglamento de Régimen interior.

El Vicepresidente, D. Xavier Ortega, presenta una propuesta de Estructura Funcional de la SEPR. Realiza una explicación detallada y aclara algunas dudas a varios socios presentes en la Asamblea (D. Juan José Peña, D. Antonio Delgado, D. Emilio Irazo, D. Eugenio Gil, D. Luis Tobajas y D. Josep Baró). Se aprueba la propuesta del Reglamento con 46 votos a favor, una abstención y ningún voto en contra.

El Secretario General, D. Manuel Fernández, indica que, próximamente, se realizará una publicación conjunta de ambos documentos, Estatutos y Reglamento de Régimen Interior, que dispondrá de una tarjeta en la que cada socio podrá indicar sus sectores profesionales de actividad y si está interesado en participar en alguna Comisión.

Se publica como información adicional a la Asamblea, la Estructura Funcional de la SEPR.

6. Asuntos de trámite.

La Vicepresidente de Congresos y Presidente del VII Congreso Nacional de la SEPR en Barcelona el año próximo, Dña. Montserrat Ribas, realizó una exposición del mismo, resaltando la estructura organizativa del Programa Científico, que se desglosa de la siguiente manera:

- Se presentarán Comunicaciones relacionadas con cualquier área de la protección radiológica, en forma de posters.
- Las comunicaciones relacionadas con la Dosimetría se seleccionarán para su presentación oral.
- Las Sesiones Plenarias estarán perfiladas y coordinados los Conferenciantes.

Se hace un llamamiento a todos los socios para la presentación de trabajos en dicho Congreso. Deben remitirse a la Secretaría del Congreso antes del 30 de noviembre de 1997.

Por último, el Secretario recuerda y anima a todos los socios o grupos de socios, a la presentación de candidaturas para el VIII Congreso de la Sociedad en el año 2000, y su solicitud oficial a la Junta Directiva antes del 30 de abril de 1998; de esa forma, durante el Congreso de Barcelona y en la próxima Asamblea General se realizará su nominación.



ESTRUCTURA FUNCIONAL DE LA SEPR

1. ANTECEDENTES

En los últimos años se ha producido un crecimiento continuo de socios de la SEPR y un aumento de iniciativas y de participación en el conjunto de las actividades desarrolladas, que ha tenido como consecuencia una mayor implicación de socios en las tareas de organización y gestión de las mismas. Asimismo, los nuevos retos del futuro obligan a la búsqueda de nuevas vías organizativas y funcionales que respondan mejor a los objetivos de la Sociedad, a las aspiraciones de sus asociados y a los intereses generales. Así lo manifestó la Asamblea General celebrada en Córdoba en septiembre de 1996, que además de considerar algunas reformas estatutarias dio el mandato a la nueva Junta Directiva para desarrollar una propuesta de nueva estructura funcional que permitiera incrementar la responsabilización colectiva en el desarrollo de las actividades de la Sociedad y que ayudara a la Junta Directiva a llevar a cabo una gestión más eficaz y participativa.

Se estableció una Comisión de miembros de la Sociedad que elaboró un documento de trabajo que ha servido de base a la Junta Directiva de la reunión del mes de septiembre de 1997 para la preparación de esta propuesta.

2. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA

- El *objetivo primero* de la propuesta es disponer de un mejor conocimiento del conjunto de asociados de la SEPR. El desarrollo de una base de datos en la que estén reflejadas de manera principal las actividades profesionales de los socios y las áreas de interés de cada uno de ellos, es condición necesaria para intentar desarrollar el gran potencial científico y humano que la Sociedad posee. Este conocimiento ha de posibilitar la mejor transmisión de la información sectorializada y de proponer a los diversos miembros su eventual participación activa en las diversas tareas. Más adelante se detallará la propuesta de formación de grupos sectoriales en la línea indicada.
- El *segundo objetivo* es el de articular una mayor participación de los socios más activos, que hoy día es circunstancial y limitada a un número muy restringido de socios, en las tareas que impulsa y gestiona la Junta Directa. Dicho esfuerzo participativo en las diversas tareas debe conjugar a la vez el interés por desarrollar las iniciativas personales o de grupo con la política general establecida por la Junta Directiva y la responsabilidad de representación colectiva que le confiere los estatutos de la Sociedad.

La creación de Comisiones ligadas a la Junta Directiva, que más adelante se detallan, pretende romper con una concentración excesiva de las iniciativas y de la gestión en los miembros de dicha Junta Directiva.

3. PROPUESTA DE ESTRUCTURA FUNCIONAL

De acuerdo, pues, con los objetivos reseñados, se propone configurar por una parte, los Sectores de actividad y por otra las Comisiones de la Junta Directiva que más adelante se detallan. Ante todo, indicar que al número creciente de socios que hemos señalado se suma la pluralidad profesional, de localización, de formación, etc., que hace que cualquier propuesta de modificación de la estructura funcional deba garantizar los principios de equilibrio, transparencia e independencia que permitan consolidar el respeto, confianza e interés profesional y social de la Sociedad.

3.1 Sectores

Para alcanzar el primer objetivo se propone la creación de Sectores de actividad. Cada Sector agrupa un conjunto de miembros de la Sociedad que tienen en común la proximidad de sus actividades profesionales o sus centros de inte-

rés en alguna de las actividades que abarca la protección radiológica.

Todo miembro de la Sociedad deberá estar encuadrado, como mínimo, en un Sector de actividad. A estos efectos y en una primera clasificación, el conjunto de Sectores quedan distribuidos en:

1. Reglamentación y normativa.
2. Medicina y salud pública.
3. Investigación y docencia.
4. Industria, energía y medio ambiente.
5. Actividades técnicas y comerciales.

El interés de crear una base de datos en la que intervenga en forma destacada la pertenencia de los asociados a uno o varios Sectores, es el de posibilitar a la Junta Directiva, a las Comisiones Permanentes y a los propios Grupos de trabajo un conocimiento y, por tanto, una relación más directa con los asociados.

El Coordinador del Sector, que será miembro del mismo y de la Junta Directiva, velará para que la información sectorial esté actualizada. Procurará conocer la composición de miembros del Sector y canalizará iniciativas sectoriales que transmitirá ya sea a la Junta Directiva o a las Comisiones de la Junta.

La constitución de los diversos Sectores se llevará a cabo transcurridos dos meses desde el nombramiento de los correspondientes coordinadores por parte de la Junta Directiva, una vez distribuida la correspondiente información a

los Socios que posibilite su libre inscripción a uno o más Sectores de actividad.

Cada dos años se efectuará una revisión de la composición y situación de los miembros que constituyen los correspondientes Sectores.

3.2 Comisiones de la Junta Directiva

Como ya se ha indicado anteriormente, se pretende con estas Comisiones ampliar las posibilidades de participación de los socios en las tareas de la Junta Directiva. Esta participación debe, a su vez, enriquecer y ampliar las capacidades de impulsión y gestión de las diversas actividades, sin menoscabo de las responsabilidades que la Junta Directiva tiene asumidas en tanto que representante del colectivo de la Sociedad.

Cada Comisión está formada por un Responsable, miembro de la Junta Directiva, y de un número limitado de asociados que participan en el impulso y desarrollo de tareas ligadas a un conjunto de actividades bien definidas.

El número de miembros de cada comisión será no inferior a cinco y no superará los 10 miembros. Uno de sus componentes será el Responsable de la misma.

Las Comisiones serán creadas por la Junta Directiva, que aprobará su conformación.

Las funciones específicas de las Comi-

siones en el marco de sus competencias serán:

- Preparar propuestas a la Junta Directiva.
- Establecer canales de comunicación en los diversos sectores.
- Gestionar las actividades que hayan sido aprobadas por la Junta.
- Crear los Grupos de trabajo que crean necesarios, una vez informada la Junta Directiva.

Un socio, excepto en casos excepcionales y a juicio de la Junta Directiva, no pertenecerá a más de dos Comisiones.

El régimen de funcionamiento, convocatorias y transmisión de la información a la Junta Directiva se llevará a cabo por el Responsable.

Por razones justificadas y apreciadas por la Junta Directiva, el Responsable podrá delegar por un tiempo definido sus funciones en otro miembro de la Junta.

3.2.1 Constitución de las Comisiones

En el plazo de dos meses, tras el nombramiento del Responsable de cada Comisión, se abrirá un plazo de un mes para recabar la posible presencia en cada comisión de socios que así lo deseen. El propio Responsable podrá proponer diversos candidatos, teniendo en cuenta la pluralidad y representatividad de su composición.



La propuesta de configuración de cada Comisión será presentada a la Junta Directiva por el Responsable para su eventual aprobación, teniendo presente los necesarios equilibrios entre candidatos propuestos por el Responsable y las propuestas individuales. Asimismo se tendrá en cuenta el grado de disponibilidad de los miembros para asumir las tareas correspondientes.

En la primera formación de las diversas Comisiones se procurará no agotar el número máximo de componentes (10) para permitir efectuar ulteriores incorporaciones si proceden.

3.2.2 Grupos de trabajo

Para el desarrollo de trabajos específicos cada Comisión podrá crear con carácter temporal Grupos de trabajo formados principalmente por miembros de la Sociedad, a los que podrán incorporarse miembros de otras Sociedades profesionales. En cada grupo de trabajo participará como mínimo un miembro de la Comisión que lo haya creado.

Los Grupos de trabajo tienen como función la de llevar a cabo una misión concreta: informe, organización de un Curso, etc., que le haya sido encomendada por la Comisión correspondiente. La Junta Directiva deberá estar informada de su existencia y de las misiones encomendadas. Una vez finalizada dicha misión se disolverá el Grupo de trabajo.

Cada dos años se revisará la configuración de las Comisiones existentes. Es potestad de la Junta Directiva el efectuar cambios en las Comisiones, que los notificará al conjunto de miembros de la Sociedad, así como las causas que los provocaron.

3.2.3 Comisiones de la Junta Directiva de la SEPR

• *Comisión de Asuntos Institucionales.*

Su responsable es el Presidente de la SEPR. Las funciones de esta Comisión son las de dar apoyo a la Junta Directiva en las actividades relacionadas con los siguientes asuntos:

- Presencia de la SEPR en la Sociedad.
- Relaciones de la SEPR con otras sociedades, organismos públicos y entidades privadas.
- Información pública.
- Relaciones internacionales.
- Las que le encomiende la Junta Directiva relacionadas con las actividades institucionales de la SEPR.

• *Comisión de Actividades Científicas*

Su responsable es el Vicepresidente primero de la SEPR. A esta Comisión pertenece necesariamente el vicepresidente para Congresos de la SEPR y sus funciones son las de dar apoyo a la Junta Directiva en las actividades relacionadas con los siguientes asuntos:

- Elaboración de propuestas y organización de Congresos, Seminarios, Reuniones, Cursos, etc.
- Desarrollo de estudios, informes técnicos, etc.
- Las que le encomiende la Junta Directiva relacionadas con las actividades técnicas y científicas de la SEPR.

• *Comisión de Normativas*

Su responsable es el Secretario general de la Junta Directiva. Las funciones de esta Comisión son las de dar apoyo a la Junta Directiva en las actividades relacionadas con los siguientes asuntos:

- Desarrollo y actualización de los Estatutos.
- Participación de los socios en las actividades de la SEPR.
- Organización interna de la SEPR.
- Relaciones con la Secretaría Técnica.
- Las que le encomiende la Junta Directiva relacionadas con el desarrollo estatutario y organizativo de la SEPR.

• *Comisión para la Comunicación y Publicaciones*

Su responsable es un vocal nombrado por la Junta Directiva. A esta Comisión pertenece necesariamente el Director de la revista *RADIOPROTECCION*, y sus funciones son las de dar apoyo a la Junta

Directiva en las actividades relacionadas con los siguientes asuntos:

- Elaboración de documentos informativos y guías de la Sociedad.
- Participación en la elaboración de normativa técnica.
- Publicaciones técnicas y científicas de la SEPR.
- Las que le encomiende la Junta

Directiva relacionadas con la actividad comunicativa de la SEPR.

- *Comisión para Asuntos Económicos y Financieros*

Su responsable es el Tesorero de la SEPR. Las funciones de esta Comisión son las de dar apoyo a la Junta Directiva

en las actividades relacionadas con los siguientes asuntos:

- Preparación de los presupuestos.
- Gestión económica de la SEPR.
- Búsqueda de fuentes de financiación.
- Las que le encomiende la Junta Directiva relacionadas con la economía de la SEPR.

SEMINARIO SOBRE "IMPLICACIONES DE LA NUEVA NORMATIVA SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LA VIGILANCIA MÉDICA Y EN LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LOS TRABAJADORES PROFESIONALMENTE EXPUESTOS"

El pasado 16 de octubre se celebró en el Ministerio de Sanidad un Seminario sobre "Implicaciones de la nueva normativa sobre prevención de riesgos laborales en la vigilancia médica y en la protección radiológica de los trabajadores profesionalmente expuestos". Este Seminario fue organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el Ministerio de Sanidad y Consumo, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, el Ministerio de Asuntos Sociales y la Sociedad Española de Medicina Preventiva y Salud Pública e Higiene.

El objetivo del Seminario era el de analizar las implicaciones de la nueva normati-



va en materia de prevención y riesgos laborales en los esquemas actuales de protección de los trabajadores profesionalmente expuestos al riesgo de las radiaciones ionizantes. Así mismo, se presentaron las implicaciones del nuevo código penal en lo que se refiere al uso de la energía nuclear y las radiaciones ionizantes.

La Mesa de Presentación del Seminario estuvo presidida por D. Antonio Gea,

Director Técnico del Consejo de Seguridad Nuclear, acompañado por Dña. Mercedes Bezares, representante del Ministerio de Sanidad y Consumo.

En la primera parte del Seminario, los ponentes realizaron una presentación del nuevo Marco Legal y un análisis de los problemas que pueden derivarse de la aplicación práctica en la vigilancia médica y en la protección radiológica. Se reflejan, a continuación, los títulos de las ponencias presentadas.

- La Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el Reglamento de los Servicios de Prevención (D. Mario Grau, Consejero Técnico de Dirección. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales).



- La actuación de las Administraciones Sanitarias en la prevención de riesgos laborales (Dña. Monserrat García Gómez, Jefe del Servicio de Salud Laboral, Ministerio de Sanidad y Consumo).

- Las competencias del Consejo de Seguridad Nuclear en el marco de la nueva Normativa sobre prevención de riesgos laborales (Dña. Victoria Eugenia Méndez, Asesoría Jurídica del CSN).

- Responsabilidad Civil de los Servicios de Prevención (D. Javier Sánchez Caro, Subdirección General de la Asesoría Jurídica del INSALUD).

- Responsabilidad Penal de los Servicios de Prevención (Dña. Ana Ferrer, Magistrado de la Audiencia Provincial de Madrid)

En estas ponencias se destacó que la nueva Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el Reglamento de los Servicios de Prevención permiten compatibilizar este ordenamiento de prevención con la normativa relativa a los riesgos de las radiaciones ionizantes. En efecto, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales ofrece un enfoque generalista, de mínimos, que permite ser complementado con otras normativas de carácter muy específico y técnico, como las relativas a las radiaciones ionizantes, normativas específicas de ruidos, etc. Así pues, la Ley define un marco más general de responsabilidades y de relaciones empresario-trabajador,



y pone en perspectiva la prevención de todo el conjunto de riesgos, adicionalmente al hecho de que en algunos sectores y para riesgos concretos (como el de las radiaciones ionizantes) la prevención se suma a la ya desarrollada ampliamente en el transcurso de las últimas décadas.

Un aspecto importante de esta nueva normativa es el carácter matricial que se pretende dar a la organización de los servicios de prevención. Este aspecto, quizás el más controvertido de la nueva reglamentación por querer ver implícita la subordinación de unos servicios preexistentes a otros, lo que realmente plantea es la existencia de una adecuada coordinación de todos estos servicios respetando la estructura funcional de cada organización.

Otro punto importante es el de responsabilidades a nivel de organismos públicos respecto a los riesgos. No hay ninguna duda que la responsabilidad del control y evaluación de la protección a las radiaciones ionizantes ha sido y sigue siendo del CSN, como entidad técnica especializada en este riesgo. La Ley de Prevención de Riesgos Laborales intro-

duce la necesidad de situar este riesgo en el contexto general de los riesgos laborales, que interesa a diversas disciplinas y especialidades. De forma análoga a lo exigido en los servicios de prevención de las empresas, ha de existir una adecuada coordinación de este organismo con todos aquellos que tengan responsabilidad sobre los otros riesgos laborales.

La otra nueva normativa a examen era el código penal. Éste recopila todas las implicaciones penales y de responsabilidad civil de delitos que anteriormente se encontraban dispersos en su reglamentación específica, y la de introducir nuevos delitos anteriormente no contemplados. De éstos, el llamado delito ecológico es el que tiene más relación con los riesgos de las radiaciones ionizantes. En efecto, todos aquellos actos que impliquen riesgos a la salud de la población o del medio ambiente por el mal uso de las radiaciones ionizantes pueden tratarse como delito ecológico, y estar sujetos a las penas previstas en el código penal. Sin embargo, siguen fuera del ámbito penal aspectos de la relación laboral entre trabajadores y empresarios, que están regulados por su normativa específica de aspecto más civil o administrativo.

La aplicación práctica de la nueva normativa de prevención en los sectores laborales relacionados con las radiaciones ionizantes ocupó la segunda parte de este Seminario. En una Mesa Redonda, moderada por D. Xavier Ortega, vicepresidente

sidente de la SEPR, participaron D. Leopoldo Arranz y D. Vicente Pastor en representación del sector hospitalario, y D. Andrés Leal y D. Luis Tobajas, en representación del sector nuclear, actuando como secretario D. Pío Carmena, miembro de la Junta Directiva de la SEPR.

En las intervenciones relacionadas con el ámbito hospitalario se indicó que la situación de partida es que no existen, en general, una tradición y por tanto estructuras demasiado desarrolladas de prevención de riesgos. La aparición de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales es muy positiva porque obliga a potenciar la coordinación de diversos Servicios técnicos buscando un concepto integral de la prevención y la participación de los diversos agentes implicados. No se prevén, sin embargo modificaciones significativas en las funciones y

responsabilidades de los Servicios de Protección Radiológica o Servicios Médicos especializados.

En lo que respecta a las instalaciones nucleares la situación de partida es diferente. Por una parte ya desde la fase de construcción las organizaciones adoptaron importantes estructuras de prevención, y por otra la presión del CSN la hecho que se desarrollen exhaustivamente los Servicios de Protección Radiológica y Servicios Médicos especializados. Esto hace que, en principio, la nueva normativa de prevención de riesgos laborales implique pocos cambios en la operativa real de estas instalaciones. Existen los Servicios que tratan los distintos riesgos, integrados dentro de una estructura organizativa concreta, y se da la coordinación necesaria a través de los Comités existentes en las instalaciones.

Finalmente, se señaló que para concretar el nuevo marco legal en los lugares de trabajo sería preciso, especialmente en el ámbito hospitalario, un aumento de inversión que deberá incorporar a sus respectivos presupuestos tanto las empresas privadas como las públicas. Así mismo, en la revisión actualmente en curso de los Reglamentos sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas y sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes deberán incorporar los principios de la Ley y el Reglamento de Prevención de Riesgos Laborales.

La reunión tuvo un gran éxito de público, con aproximadamente 200 asistentes, lo que vino a confirmar el interés del tema tratado y el acierto en la elección de los ponentes. En breve será publicado un documento que recoge los textos escritos de las ponencias indicadas.

PROBLEMÁTICA DE LOS EMISORES AUGER

En una contribución invitada recientemente aparecida en *Radiation Protection Dosimetry* (1), se vuelve a poner de actualidad la peculiar problemática de la Protección Radiológica en el caso de radionúclidos emisores de electrones Auger. Como quiera que es un tema muy abierto, en el que se está trabajando muy activamente y en el que previsiblemente habrá novedades y recomendaciones para su dosimetría a no muy largo plazo, puede ser interesante para los lectores de *RADIOPROTECCION* recordar siquiera brevemente algunos de los aspectos más característicos de los peculiares emisores Auger.

Los radionúclidos emisores de electrones Auger producen típicamente una cascada de electrones de baja energía que depositan la mayor parte de ella en entornos muy reducidos, nanómetros, alrededor de la posición ocupada por el radionúclido. El resultado es que la dosis absorbida local puede ser muy alta. El asunto tiene relevancia e interés práctico, ya que algunos de los emisores Auger más característicos se emplean profusamente en Medicina Nuclear, por ejemplo ^{67}Ga , $^{99}\text{Tc}^m$, ^{111}In , ^{123}I y ^{201}Tl , así como en Investigación Biomédica, ^{51}Cr y ^{125}I . La evidencia obtenida en estudios llevados a cabo sobre la radiotoxicidad de determinados emisores Auger a nivel celular, pero también a nivel de órganos, demuestra que los efectos biológicos dependen fuertemente de la distribución a nivel subcelular del emisor. Si éste está ligado al

DNA o entra a formar parte del núcleo celular, entonces la eficiencia radiobiológica llega a ser como la de radiación con alta Transferencia Lineal de Energía (LET) similar a la de radiación alfa. Si el emisor se encuentra fuera de la célula o en el citoplasma, entonces la eficiencia radiobiológica es la típica de radiación de baja LET. En estas circunstancias, ¿cómo se calcularía la dosis equivalente asociada a un determinado emisor Auger?

Ni ICRP en su documento 60 (2), ni en las Normas Básicas de Seguridad de la OIEA (3), se dan soluciones prácticas que permitan el cálculo de la dosis equivalente para electrones Auger. En ambos documentos se reconoce la peculiaridad de tales emisores, incluso la inadecuación para este caso de la definición de la dosis equivalente a partir de la dosis absorbida promediada para el volumen finito de un órgano. Ambos documentos hacen referencia a la necesidad de estimar los efectos causados a partir de consideraciones microdosimétricas, pero sin mayor concreción ni comentario.

Howell y colaboradores (4) en 1993 propusieron un algoritmo para el cálculo de la dosis equivalente debida a electrones Auger, respetando la formulación de ICRP para el cálculo de la dosis equivalente en campos mixtos de radiación. Estos autores partieron de la evidencia, ya mencionada aquí, de que la letalidad de los emisores Auger depende de la fracción del radionúclido ligado o asociado al DNA. De acuerdo con lo estipu-

lado por el ICRP-60, en un campo mixto la dosis equivalente H_T se calcula como:

$$H_T = \sum w_R D_{TR}$$

donde w_R es el factor de peso para la componente R del campo de radiación y D_{TR} la dosis absorbida debida a radiación R promediada para el órgano en consideración T.

Howell, partiendo de este concepto, propone para los electrones Auger la siguiente expresión:

$$H_{T\text{AUGER}} = (1 + f_0(w_{\text{AUGER}} - 1)) \sum D_{T\text{AUGER}}$$

donde f_0 es la fracción del radionúclido ligado al DNA, con valores límites $f_0 = 1$ cuando está completamente ligado y $f_0 = 0$ cuando es independiente de él. El sumatorio se hace para todos los electrones Auger de diferente energía emitidos por un radionúclido específico. En un informe reciente de la American Association of Physics in Medicine (5) se adopta el algoritmo de Howell recomendando un valor para w_{AUGER} de 10, para el cálculo de la dosis equivalente a efectos deterministas, en la estimación de efectos terapéuticos y un valor de 20 para efectos estocásticos, en radioprotección. Es sabido que ICRP-60 recomienda un valor para el resto de los electrones de $w = 1$, independientemente de su energía.

El tema está lejos de cerrarse y sin duda se obtendrán nuevos resultados.

tanto a nivel celular como de órganos para diferentes radionúclidos emisores Auger, aportando nuevas evidencias y conclusiones sobre su radiotoxicidad. El tema está en las agendas de ICRP y también de ICRU y dada su importancia pueden esperarse nuevas recomendaciones en el futuro.

REFERENCIAS

1. L. Persson. Radiation Protection Issues of

- Auger Electron Emitters. Radiation Protection Dosimetry 1996; 64: 189-191.
- 2. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Informe 60, recomendaciones 1990. Versión española. SEPR (1995).
- 3. International Atomic Energy Agency. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series nº 115 (1996).

- 4. RW Howell, VR Narra, KSR Sastry and D.V. Rao. On the Equivalent dose for Auger Electron Emitters. Radiation Research 1993; 134: 71-78.
- 5. J.L. Humm, R.W. Howell and D.V. Rao. Dosimetry of Auger-electron-emitting Radionuclides. Report nº3 of AAPM Nuclear Medicine Task Group nº 6. Medical Physics 1994; 21: 1901-1915.

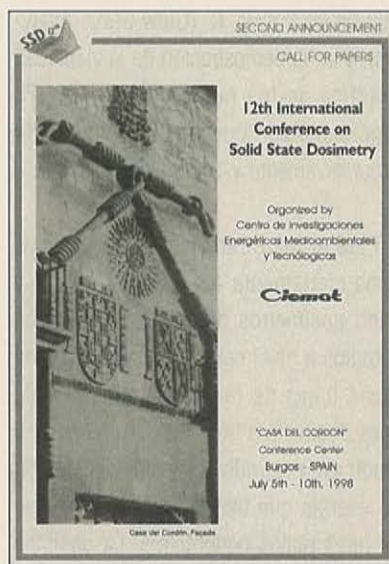
A. Delgado

Dosimetría de Radiaciones. CIEMAT

LAS CONFERENCIAS DE DOSIMETRÍA DE ESTADO SÓLIDO

En un número anterior de RADIO-PROTECCION se incluyó el primer anuncio de la 12 Conferencia Internacional de Dosimetría de Estado Sólido (12SSD) que, organizada por el grupo del CIEMAT que actualmente dirige, tendrá lugar en Burgos en la primera semana de julio de 1998. Se trata de un evento científico de primer nivel en el campo de las medidas de dosis de radiación, muy especialmente en los niveles relevantes en protección radiológica. Por ello, pienso será de interés para los lectores de RADIOPROTECCION conocer con algún detalle la organización y objetivos de las conferencias SSD y a ello viene esta nota informativa.

El primer dato interesante es que la idea de las Conferencias nació precisamente en España, concretamente en la sobremesa de una comida celebrada en Toledo en



1963. Fue con ocasión de un simposio organizado por la OCDE sobre técnicas de dosimetría personal para la radiación externa celebrado en Madrid y de hecho la primera conferencia se organizó dos años

después en Stanford (USA), bajo la denominación Luminescence Dosimetry. En esta época el interés estaba focalizado en dos técnicas de medida: Termoluminiscencia y Radiofotoluminiscencia. En las sucesivas ediciones otras técnicas y métodos se fueron incorporando: lioluminiscencia, emisión exoelectrónica para las medidas de radiación poco penetrante, corrientes estimuladas térmicamente, etc., etc., muchas de ellas no luminiscentes. La denominación original de las conferencias se cambió en la Conferencia de Toulouse (Francia), en 1980, adoptando el actual de Dosimetría de Estado Sólido.

Las Conferencias de Dosimetría de Estado Sólido (SSD) se han venido celebrando con periodicidad trianual. Las pasadas ediciones fueron organizadas por el NRPB en el St. Catherine College, en Oxford (1986); por el Centro de Investiga-



ciones de Seibersdorf, en el Austria Center, en Viena (1989); por la Georgetown University en sus propias instalaciones, en Washington DC (1992), y, la más reciente, por la Academia de Ciencias de Hungría, en el Helia Center de Budapest, el pasado 1995. La coherencia de objetivos y de calidad científica de las diferentes ediciones de las SSD han estado tuteladas inicialmente por un Steering Committee interconferencias de composición variable, y desde 1995 por la recién creada International Solid State Dosimetry Organization (ISSDO), con un Comité operativo de veinticinco miembros y una Constitución en vigor. El presidente de la ISSDO es el Prof. Yigal S. Horowitz, de la Universidad Ben Gurion de Israel.

Desde la Conferencia de Oxford, los proceedings de las sucesivas conferencias se han publicado en *Radiation Protection Dosimetry*, la revista líder a nivel internacional en el campo de la Dosimetría de Radiaciones. Para ello, los trabajos presentados han debido pasar un doble nivel de revisión, el establecido por el Comité Científico de cada Conferencia previo a la aceptación de presentación y el establecido posteriormente a la Conferencia por la propia revista sobre los trabajos escritos. Este doble nivel de revisión asegura la calidad de los trabajos finalmente publicados y es también parte importante del éxito y la continuidad de las SSDs.

Las SSDs, desde la primera en Stanford, han sido decisivas para propiciar el desarrollo de varios métodos de medida. El mejor ejemplo es la Termoluminiscen-

cia. Se estima que hoy día entre el 70 y el 80% de las medidas de dosis de radiación, no importa en qué tipo de aplicación, se realizan por TLD. Los trabajos pioneros y los sucesivos desarrollos han sido presentados en las varias ediciones de las SSD. En ellas siempre se ha asistido a la presentación y debate de innovaciones relevantes; en las últimas podemos citar a los dosímetros personales con detector de semiconductor y a los dosímetros de burbujas en líquidos sobrecalentados para neutrones. Pero también en TLD han continuado habiendo innovaciones de interés. El grupo de Dosimetría del CIE-MAT ha hecho aportaciones destacadas en dos de las áreas de innovación reciente más relevantes: en el desarrollo de nuevos métodos de evaluación por análisis numérico de las curvas TL (Glow Curve Analysis), y en la demostración de la viabilidad práctica de los nuevos materiales TL hipersensibles que están sustituyendo progresivamente a los tradicionales.

Para el futuro se vislumbra un nuevo tema ciertamente apasionante: micro y nano dosímetros de estado sólido. Los estudios a nivel celular de los efectos de dosis bajas de radiación requieren de tales dosímetros que permitan registrar y medir eventos individuales de deposición de energía que tienen lugar en el rango de unos pocos nanómetros. La posibilidad real de desarrollar nanodispositivos con fines dosimétricos adaptando procesos y técnicas en uso en la industria microelectrónica parece muy verosímil. Otros temas de gran actualidad e interés son la dosimetría de radiación ultravioleta ambiental o dosimetría del ozono y

también la dosimetría retrospectiva post accidente, que continúa siendo un tema prioritario y está siendo empleado continuamente para la reevaluación de la dosimetría de las bombas de Hiroshima y Nagasaki, y también en las regiones afectadas por el accidente de Chernobil. Los métodos retrospectivos de estado sólido basados en las propiedades luminiscentes (TL, OSL) de algunos minerales están alcanzado un grado de madurez y fiabilidad sorprendentes.

El Congreso de Burgos (12SSD) se organizará sobre tres tipos de actividades de desarrollo en paralelo: sesiones científicas orales, una exposición permanente de trabajos científicos tipo "póster" y una exposición, también permanente, de instrumentación y equipamiento comercial, en la que los principales fabricantes y suministradores de material dosimétrico presentarán sus novedades. Habrá otras actividades científicas durante la Conferencia, tales como reuniones de los comités editoriales de varias revistas científicas internacionales en el campo de la Dosimetría de Radiaciones (*Radiation Protection Dosimetry* y *Radiation Measurements*, por el momento). También seminarios y mesas redondas sobre temas de interés. Se está también confeccionando un plan de actos sociales.

La sede de la Conferencia será el Centro de Congresos que existe en el Palacio de los Condestables de Castilla, popularmente conocido como Casa del Cordón, en Burgos. Es un palacio que ha sido escenario de hechos muy relevantes en la historia de España, tales

como la boda del Infante Don Juan con Doña Margarita de Austria en 1497, el recibimiento de los Reyes Católicos a Colón después de su segundo viaje a las Indias, la muerte de Felipe el Hermoso o las bodas reales de Felipe IV con Isabel de Borbón. Se trata, sin duda, de un marco cargado de historia, pero al mismo tiempo con la debida funcionalidad para la organización de un Congreso Internacional como la 12SSD.

La organización de la 12 Solid State

Dosimetry Conferencia en España puede ser una excelente oportunidad para que los ya numerosos grupos en nuestro país que emplean métodos de estado sólido —principalmente TLD— en sus trabajos dosimétricos den a conocer sus resultados a nivel internacional. En el aún cercano Congreso de Córdoba (6 SEPR) se pudo evidenciar el buen nivel existente y el empleo muy inteligente que varios grupos hacían de TLD. Desde estas líneas quiero animar a nuestros cole-

gas de hospitales, servicios de dosimetría, unidades de protección radiológica, etc., a participar en la 12SSD. La publicación de los trabajos de la Conferencia en Radiation Protection Dosimetry asegura la máxima difusión internacional para ellos. Los organizadores de la 12SSD estamos seguros de contar con un buen número de grupos españoles en la Conferencia.

A. Delgado

Presidente de la 12SSD

EURADOS, TAMBIÉN EN EL 4º PROGRAMA MARCO DE I+D DE LA COMISIÓN EUROPEA

Dentro de las actividades del 4º Programa Marco se ha aprobado una Acción Concertada conjunta de las tres organizaciones científicas, EULEP (European Late Effects Project Group), EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) y UIR (Unión Internationale de Radioécologie) incluyendo en su programa una serie de actividades a desarrollar durante la duración de la Acción.

Una de las primeras actividades en constituirse formalmente y comenzar sus tareas ha sido la de EURADOS: Armonización y Aseguramiento de la Calidad en Dosimetría de la Radiación Externa (Harmonization and Dosimetric Quality in Individual Monitoring for External Radiation). El coordinador del grupo de trabajo formado es David T.

Barlett, del NRPB, y está constituido por un representante de cada uno de los países miembros más Suiza. Antonio Delgado (CIEMAT) fue invitado a formar parte del grupo.

El objetivo global de la acción es el de consolidar y homogeneizar en el ámbito de la UE la calidad de los Servicios de Dosimetría Personal Externa, así como asegurar el progreso hacia el empleo de procedimientos de trabajo armonizados en los laboratorios de los países miembros. Está previsto crear un catálogo completo de los dosímetros personales empleados para la medida de la dosis equivalente personal en los países de la UE. Se analizarán también las diferentes condiciones de autorización y funcionamiento de los Servicios de Dosimetría Personal,

los requisitos técnicos exigidos y los métodos empleados para la demostración de la calidad dosimétrica en los diferentes países. Los procedimientos de calibración serán objeto de especial atención.

En la primera reunión del grupo de trabajo, que tuvo lugar a finales de abril del presente 1997 en Bruselas, se constituyeron cuatro subgrupos, cuyas misiones concretas son:

- Recoger información sobre procedimientos de autorización y requisitos técnicos exigidos en los países miembros, al objeto de redactar un informe sugiriendo vías para alcanzar una armonización efectiva entre los países miembros.



- Preparación de un catálogo de dosímetros personales, empleados o que pudieran emplearse en un futuro en los países miembros, capaces de estimar $H_p(10)$ y $H_p(0,07)$ para todos los tipos de radiaciones de interés, prestando también atención a los dosímetros de extremidad.
- Preparar, llevar a cabo y analizar los resultados de un test realista para la comprobación de la fiabilidad dosimétrica realizado con dosímetros representativos de los empleados en los países miembros.
- El cuarto subgrupo es de naturaleza editorial y tiene como misión preparar el informe final de la acción, que ha de estar listo a mediados de 1999.

ETAPAS EN LA PROTECCIÓN: EL PROGRESO DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN DIFERENTES PERÍODOS IDENTIFICABLES

Michael O'Riordan

National Radiological Protection Board

Editorial publicado en el "Radiological Protection Bulletin" N° 193, Sep. 1997 traducido por David Cancio

Mucha gente, fuera de la disciplina de la protección, ve a ésta como una respuesta organizada ante los peligros nucleares. En cierto sentido esto es correcto ya que la profesión creció rápidamente con el desarrollo de las armas nucleares y de la energía nuclear.

Resulta difícil de superar el "schock" causado en la conciencia del público por las bombas atómicas arrojadas sobre Japón así como la ansiedad por los efectos de la precipitación radiactiva que llevaron finalmente a prohibir los ensayos nucleares en la atmósfera. A ello se agrega que algunos Estados productores de armas todavía deben hacer frente a la enorme tarea de limpiar áreas contaminadas con materiales radiactivos.

Es raro que pase alguna semana sin que aparezca en la prensa alguna noticia relacionada con los peligros de las instalaciones nucleares. Después de Chernobyl, el temor hacia los accidentes importantes se

vuelve más agudo, y se constata una inquietud permanente sobre las descargas de radionucleidos al medio ambiente. La opinión es todavía más categórica si se refiere a la preocupación sobre las consecuencias futuras para la salud, como ocurre con la disposición final de los residuos radiactivos.

En la protección radiológica, esta etapa nuclear, fue precedida durante unas décadas por la etapa médica, en la cual físicos y médicos estuvieron preocupados para el uso y abuso de la utilización clínica de los rayos X y del radio. Los especialistas en el Radón podrían reclamar que la disciplina comenzó unas pocas centurias antes, aún sin ser conscientes de ello, con Agrícola en las minas de Europa Central. Todos aquellos que promueven la protección contra la radiación solar ultravioleta podrían también afirmar que la disciplina comenzó cuando el hombre comenzó a vestir prendas más elaboradas.

En gran medida, durante la etapa médica, el propósito principal de la protección fue la prevención de los daños evidentes de la radiación o, como se denominan modernamente, de los efectos deterministas. Estos todavía ocurren y, por cierto, que algunas veces hay personas que mueren por la radiación, aunque estos sucesos son suficientemente escasos como para ocupar los titulares de las noticias. En general, tales accidentes ocurren debido a la ignorancia o a la negligencia.

Los profesionales pasaron una fase en la cual estuvieron obsesionados por los efectos genéticos. Esto se debió bastante a la influencia de Muller quien ganó el Premio Nobel en fisiología y medicina por su trabajo sobre las mutaciones debidas a las radiación. Si bien no hay evidencias de defectos hereditarios en los niños de los sobrevivientes de las bombas en Japón, la deformidad debida a la radiación es subrayada con terror en las mentes del público.



En nuestros días, sin embargo, el temor al cáncer es dominante en la sociedad. Ello se agrava en el caso de la radiación ionizante aún cuando la magnitud del riesgo algunas veces solamente puede ser inferido. También existe una creciente inquietud

pública de que la radiación ultravioleta causa cánceres de piel así como algún convencimiento de la relación entre los campos electromagnéticos y las malignidades.

Existen señales de que la protección radiológica está entrando en un período resolutivo en el cual la cuantificación de los riesgos originados en las radiaciones dañinas podrán ser establecidos por la ciencias observacionales y experimentales. Este desarrollo puede ser acompañado por la decisión de simplificar las recomendaciones en el corazón mismo de la protección, el cual ha llegado a estar más bien recóndito. Si esto ocurre, todavía la profesión podría influenciar en bien de la opinión política y del público.

Lo que hace de ello una prospectiva realista es la actual evidencia de los recursos radiológicos a nivel europeo, la estrecha colaboración con expertos de otros continentes y la incorporación de nuevos miembros por las organizaciones internacionales líderes. Y quizás una aproximación positiva a los temas cruciales de la radiación por parte de gobiernos escleridos.

NOTA: En este agudo y optimista Editorial escrito por Michael O'Riordan se mencionan unas etapas posibles de identificar en la protección contra las radiaciones. En la misma línea de pensamiento la SEPR ha seleccionado, para ilustrar la candidatura española para organizar el IRPA 2004, una pintura del genial Goya quien ya en su tiempo inmortalizó esta protección contra la radiación solar como se evidencia en la reproducción adjunta.

CURSO INTERREGIONAL DEL OIEA EN MADRID

Durante las dos últimas semanas de octubre y la primera de noviembre se ha celebrado en el Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT el "Curso Interregional sobre Metodologías de Evaluación de la Seguridad de Instalaciones Superficiales de Evacuación de Residuos Radiactivos" que ha sido organizado y financiado conjuntamente por el OIEA, el CSN, el CIEMAT y ENRESA, contando con la colaboración de INITEC para la preparación de las sesiones prácticas.

Al Curso han asistido alumnos de 26 países del Este Europeo, Latinoamérica, África, Oriente Medio, y del Este y

Sudeste Asiático. El profesorado estuvo compuesto por especialistas del más alto nivel del OIEA, AECL (Canadá), Quantis-Ci (Estados Unidos, Reino Unido y España), BNL (Estados Unidos) ANDRA (Francia), SSI (Suecia) y del CSN, el CIEMAT, ENRESA, el CSIC, la UPC, el INSA-LUD e INITEC (España).

El objetivo del Curso era proporcionar formación y entrenamiento en el uso de metodologías de evaluación de la seguridad en instalaciones superficiales de evacuación de residuos radiactivos de baja y media actividad a alumnos que

poseyeran formación científica o técnica de grado universitario y que tuvieran responsabilidad sobre la seguridad de estas instalaciones en sus respectivos países.

El Programa del Curso se componía de lecciones teóricas y sesiones prácticas en las que se utilizaron las herramientas de análisis más actuales y en las que se estudiaron escenarios de emisión radiactiva, las vías de exposición, los modelos de transferencia, las consecuencias radiológicas de la evacuación y la sensibilidad e incertidumbre del análisis.



Las sesiones teóricas estuvieron orientadas a poner en perspectiva el análisis de seguridad, a describir el proceso de evaluación de forma integrada, y a estudiar en profundidad cada uno de los elementos que componen la evaluación. Las sesiones prácticas pusieron un énfasis especial sobre la importancia de discutir de forma general el problema que se pretende analizar antes de entrar en la evaluación detallada. A continuación, los alumnos realizaron prácticas con códigos de ordenador diseñados específicamente para la puesta específica de las materias explicadas en las lecciones teóricas.

Durante el Curso se mantuvieron varias discusiones abiertas, con el formato de mesas redondas, sobre aspectos muy específicos de la gestión de residuos tales como: la generación de gas en los residuos, la intrusión humana en las instalaciones y la importancia de la aceptación pública.

Por otra parte, varios de los profesores y de los alumnos del Curso explicaron la aplicación de los análisis de seguridad realizados en sus propios países y los profesores del OIEA presentaron las principales líneas de actuación de Organismo

para incrementar la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos y alguno de los proyectos que está promoviendo en la actualidad en este marco.

El Curso se completó con una visita al Centro de Almacenamiento de el Cabril y otra a la Central Nuclear de Almaraz, en la que los alumnos tuvieron la oportunidad de conocer en vivo, y de forma muy completa, la práctica española de gestión de residuos radiactivos de baja y media actividad.

Eugenio Gil

WORKSHOP "INTAKES OF RADIONUCLIDES"

Durante los días 15 al 18 de septiembre se ha celebrado en Avignon (Francia), el Workshop-Intakes of Radionuclides, Occupational and Public Exposure, organizado por la Comisión Europea.

Este acontecimiento científico ha reunido cerca de 200 expertos en dosimetría interna, ofreciendo la posibilidad de conocer los trabajos que se están desarrollando en la actualidad y fomentando el intercambio de opinión sobre los distintos avances dosimétricos.

Dentro del programa científico cabe destacar las 53 comunicaciones presentadas a lo largo de las 6 sesiones técnicas que se desarrollaron durante el Workshop, tratándose temas tales como:

- Últimos avances en biocinética de



radionucleidos, tratamiento de datos dosimétricos para trabajadores y miembros del público.

- Cálculo de dosis por inhalación utilizando los coeficientes de dosis del nuevo modelo respiratorio humano.

- Actuales implicaciones para la interpretación de los bioensayos, basado en modelos biocinéticos.

- Desarrollo del nuevo modelo gastrointestinal en función de la edad.

- Asignación de dosis al embrión como consecuencia de incorporaciones de radionucleidos de la madre, y por último, revisión en el desarrollo del phantoma basado en imágenes médicas.

La gran aceptación mostrada por los asistentes a la exposición de posters, presentados en una única sesión oral, permitió fomentar la participación activa de los congresistas.

El CIEMAT contribuyó con el póster "Accidental contamination with 90 Sr: A case Study" y con la ponencia "Assessment of doses to members of the public in Palomares from inhalation of Plutonium and Americium".

La organización expresó su especial agradecimiento a los asistentes españoles por su participación.

BIOELECTROMAGNETISMO Y SALUD PUBLICA

Durante los pasados días 30 y 31 de octubre, tuvo lugar en el entorno del Colegio Mayor San Ildefonso de la Universidad de Alcalá de Henares, una Jornada Científica sobre "Bioelectromagnetismo y Salud Pública. Efectos, Prevención, Diagnóstico y Tratamiento".

Este encuentro científico, auspiciado por el Programa Internacional de la Comunidad Europea, Acción Cost-224 bis, sobre Efectos Biomédicos de los Campos Electromagnéticos y organizado por el Instituto de Bioelectromagnetismo Alonso de Santa Cruz,

ha reunido a numeroso expertos nacionales e internacionales, así como a los miembros integrantes de las distintas sociedades relacionadas con esta materia.

En esta reunión se trataron temas relacionados con los efectos de los campos electromagnéticos sobre los seres vivos, la contaminación electromagnética y el medio ambiente laboral urbano y doméstico, la actuación de normalización y recomendaciones, los distintos métodos de medida y control, la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, las aplicaciones de los

campos magnéticos como terapia en las enfermedades neurodegenerativas y como diagnóstico mediante la magnetoencefalografía.

Los miembros de la Mesa de Clausura mostraron su agradecimiento por la invitación para asistir a este acto, felicitando a los organizadores de la Jornada y a los asistentes a la misma.

Para mayor información dirigirse a: Dr. D. José Luis Bardasano Rubio. Departamento de Especialidades Médicas. Facultad de Medicina. Ctra. Madrid-Barcelona Km. 33,600. 28871 Alcalá de Henares (Madrid).

ENRESA INVERTIRÁ 500 MILLONES EN LA LIMPIEZA Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE UNA DOCENA DE ANTIGUAS MINAS DE URANIO EXTREMEÑAS

La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa) ha puesto en marcha, a partir del pasado 3 de noviembre, un plan que contempla la restauración y recuperación ambiental de cerca de una docena de antiguas minas de uranio extremeñas que estuvieron en explotación hasta los años 70. Estos trabajos se prolongarán por espacio de 20 meses, y al término de los mismos se habrán recuperado los terrenos alterados por

las explotaciones mineras aplicando técnicas de restauración que conllevarán, entre otras medidas, el cierre y sellado de pozos, así como la integración de las áreas afectadas en el entorno natural mediante la reubicación de los materiales y la posterior revegetación, con el objetivo de reducir el impacto ambiental y paisajístico. La inversión prevista para la ejecución de estas obras asciende a unos 488 millones de pesetas, y la mayor parte

de la mano de obra será local. Las minas objeto de este plan son: Cabra Baja, el Sabio, Pedro Negro, Calderilla y Valderrascón en Badajoz, y Perdices, Broncana, Zafrilla, Ratones, Gargüera, Viesgo, Sevillana y Carretona en Cáceres.

El decreto de constitución de Enresa ya contempla en su articulado que esta empresa se tendrá que hacer cargo del "acondicionamiento, de forma



definitiva y segura, de los estériles originados en la minería y fabricación de concentrados de uranio, cuando se requiera". Por lo tanto, ésta es una de las tareas que le ha sido encomendadas a Enresa por el Parlamento de la Nación.

Este proyecto denominado "Plan de Restauración de Antiguas Minas de Uranio", fue presentado por Enresa al Ministerio de Industria y Energía (MINER) a principios de 1994; previamente Enresa había realizado una evaluación técnica y económica de las actividades a efectuar. Al año siguiente, en 1995, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), da el visto bueno y acuerda informar favorablemente el plan. A partir de este momento sólo quedaba la autorización de la Junta de Extremadura para que se pudiese poner en marcha el proyecto. El mes de marzo del presente año, desde la Dirección General de Industria, Energía y Minas, se dictó una resolución aprobando y autorizando el Plan de Restauración presentado por Enresa.

De manera paralela al proceso administrativo, todos los propietarios de las antiguas minas de uranio han estado informados de las actividades de restauración planteadas para los emplazamientos y se han firmado acuerdos con Enresa que han permitido el acceso a los terrenos durante el proceso de elaboración de los proyectos. Bajo la direc-

ción de Enresa, en este Plan han participado distintas empresas y organismos, entre las que se encuentra la Universidad de Extremadura, que además llevará a cabo proyectos de I+D durante la realización del mismo.

Enresa ha firmado los correspondientes acuerdos con los propietarios para llevar a cabo las obras de restauración. En este mismo sentido, los alcaldes de los municipios a los que pertenecen los emplazamientos también han sido informados por Enresa de las labores que se van a realizar, y están de acuerdo con los proyectos de restauración.

OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PLAN

De acuerdo con los estudios previos realizados para cada una de las antiguas explotaciones mineras, los criterios de diseño que se han aplicado para su restauración, con carácter genérico, han tenido en cuenta, entre otros factores, una integración lo más armónica posible de las áreas afectadas con el entorno, para lo cual se restituirá la morfología del terreno, reduciendo el impacto visual y paisajístico.

El objetivo básico que persigue el diseño de este Plan de Restauración de Antiguas Minas de Uranio no es otro que reducir técnicamente al máximo el impacto visual y ambien-

tal, integrando el conjunto dentro del paisaje de la zona. A tal fin, las obras de restauración recogerán los estériles de las minas, estabilizando la configuración final resultante tras la recuperación, sin necesidad de establecer un mantenimiento activo posterior. El plan de actuación diseñado contempla la protección de las aguas superficiales en contacto con los estériles, así como el sellado de los accesos a los pozos y sondeos existentes, restableciéndose las condiciones naturales.

De manera genérica, y teniendo en cuenta las características específicas de cada una de las explotaciones mineras, los trabajos programados para lograr su recuperación contemplan la reubicación de los materiales procedentes de escombreras y suelos, dentro de pozos, zanjas y huecos de explotación. También está previsto el perfilado de escombreras y su estabilización; la restauración de aquellos terrenos alterados por las exploraciones mineras; cierre y sellado de los pozos; limpieza superficial de suelos; revegetación de la zona de forma que quede integrada en el entorno, y verificación final radiológica y medioambiental del emplazamiento restaurado.

(Para más información dirigirse a:

Máximo Taranilla.

Jefe Dpto. de Medios
de Comunicación-Enresa.

Teléfono: 91-566 82 70)

NUEVOS DETECTORES DE GERMANIO PARA EL CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL DEL CIEMAT

Una de las actividades más características y de mayor impacto social de la dosimetría de las radiaciones ionizantes es la Dosimetría Personal. En esta aplicación se miden y determinan las dosis de radiación recibidas por personas, la mayor parte de las veces profesionales que han de trabajar en presencia, al menos potencial, de radiaciones ionizantes. El conocimiento de las dosis personales es esencial para asegurar que, en el cumplimiento de sus tareas profesionales, los trabajadores no están siendo expuestos a riesgos para su salud y que se está cumpliendo con los Reglamentos de Protección contra las radiaciones ionizantes.

La irradiación de las personas puede originarse desde fuentes externas al organismo humano o irradiación externa; estas dosis se miden por métodos tipificados en Dosimetría Externa, con dosímetros personales portados por el individuo controlado.

Puede también producirse la irradiación a causa de fuentes internas al organismo, irradiación interna, por ingesta de alimentos con trazas de contaminantes radiactivos o al respirar en ambientes conteniendo partículas radiactivas en suspensión. En este caso de Dosimetría Interna, la dosis hay que estimarla de manera indirecta, a través de la identificación de radionúclido y de la cantidad del mismo incorporada al organismo. Según el tipo de radiación emitida por el contaminante



incorporado, su presencia puede detectarse desde el exterior del cuerpo mediante los denominados Contadores de Radiactividad Corporal (CRC) que se disponen cerca del cuerpo de la persona estudiada. Son éstas las técnicas de medida directas o "in vivo".

En la línea usual del Laboratorio de Dosimetría del CIEMAT de asimilar nuevas tecnologías de medida, para asegurar mejor la calidad y la fiabilidad en nuestras estimaciones dosimétricas, se ha concluido la instalación en el Laboratorio del Contador de Radiactividad Corporal (CRC) del CIEMAT de unos nuevos detectores de Germanio de alta pureza y gran superficie, que se emplearán para medidas pulmonares en la zona de baja energía (<200 keV) de la radiación electromagnética.

Estos detectores reemplazan al viejo sistema Phoswich, en operación en el CIEMAT desde hace más de 30 años, permitiendo aumentar sustancialmente la capacidad de medida del CRC. La excelente resolución de los detectores de Ge permite una mejor identificación de radionúclidos por su estrechos fotopicos, per-

mitiendo la medida de niveles más bajos de incorporación al organismo, particularmente en el caso de actínidos. Este tipo de radionúclidos pueden estar presentes en actividades relacionadas con el ciclo del combustible nuclear y con el desmantelamiento de instalaciones nucleares, actividades cuya importancia previsiblemente aumentará en el futuro y que requieren de una buena capacidad para la dosimetría de actínidos como infraestructura de apoyo.

Además, con los nuevos detectores se posibilita la obtención de medidas más rápidas y fiables de actínidos en pulmón, permitiendo la realización de medidas directas en casos en los que anteriormente, debido a las limitaciones del Phoswich, había que recurrir necesariamente a medidas indirectas por bioanálisis de excretas, medidas muy fiables pero sumamente laboriosas.

Con la puesta en marcha de los nuevos detectores de Ge para medidas pulmonares, el Servicio de Dosimetría Interna del CIEMAT se incorpora al grupo de laboratorios más avanzados en medidas directas de contaminación interna. En los últimos años ya algunos de los CRC de los países de mayor nivel tecnológico habían ido abandonando sus obsoletos Phoswich para incorporar sistemas de Ge similares a los ahora instalados en el CRC del CIEMAT. Estos detectores, únicos en España, refuerzan el papel de liderazgo a nivel nacional desempeñado por el Proyecto de Dosimetría de Radiaciones del CIEMAT.



NOTICIAS DE LA FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION (FDA): Radiactividad en material de Protección Radiológica

Con fecha 13 de junio de 1997, la FDA notificó que algún material de protección radiológica contenía plomo contaminado con pequeñas cantidades de radionucleidos. Los contaminantes son Pb-210, y sus hijos Bi-210 y Po-210. Las evaluaciones iniciales indicaban que la exposición producida era muy pequeña, y que los contaminantes no afectaban a los pacientes, personal o equipo, si el material se utilizaba de forma ordinaria. Los productos identificados hasta esa fecha incluían materiales de protección utilizados en instalaciones médicas, tales como delantales, guantes, protectores gonadales y de tiroides, fabricados en fecha posterior a 1 de Octubre de 1996. E-Z-Em es el único suministrador que en esa fecha había identificado material contaminado en sus productos, habiendo dispuesto las medidas neces-

rias para comunicar este hecho a sus clientes, y retirar dicho material. La MDA-AIC (Medical Devices Agency Adverse Incident Centre) ha examinado una muestra de dicho material no encontrando valores superiores al fondo radiactivo.

Con el fin de evitar dosis no justificadas, la FDA recomienda la no utilización de ese material, aunque en caso de no disponer de otro alternativo, y hasta que se pueda reemplazar, es preferible la utilización de éste a no utilizar ninguna protección, estableciendo las siguientes acciones a seguir:

- Identificar el material de protección suministrado con posterioridad a la fecha indicada.
- Contactar inmediatamente con el suministrador, para determinar si

dicho material es susceptible de estar contaminado.

- Si el suministrador no puede confirmar si el material no está contaminado debe ser examinado por personal cualificado, con un equipo tal como un Geiger Müller de ventana delgada en contacto con el material, que permite detectar fácilmente las partículas α , de 1,16 MeV, del Bi-210.
- Si los resultados indican que el material está contaminado, se debe retirar y contactar con el suministrador, para recibir instrucciones de que hacer con dicho material.
- Si no se puede examinar el material, porque no se disponga del equipo adecuado, se debe requerir al suministrador las instrucciones a seguir para retirar ese material.

• FLASHES INFORMATIVOS •

■ V Asamblea Anual de WIN Internacional en España

WIN (Women in Nuclear), asociación internacional fundada en 1993, que agrupa a mujeres profesionales que desarrollan su actividad en el campo de la energía nuclear y las radiaciones ionizantes, ha celebrado en Valencia, los pasados días 29 y 30 de Mayo, su V Asamblea General, en la que participaron más de 50 representantes de grupos WIN de 14 países. Así mismo se celebraron dos mesas redondas: "La energía nuclear en España" en la que se realizó la evolución del sector nuclear en nuestro país y la situación actual, y "Energía nuclear. Aceptación pública y comunicación" donde se abordaron aspectos de comunicaciones y se hizo referencia a la diferente percepción que del riesgo tienen hombres y mujeres, tema ampliamente discutido en el posterior coloquio.

• FLASHES INFORMATIVOS •

■ Guidance for Radiation Protection Following Iodine-131 therapy. Guidance and dose constraints concerning doses due to out-patients or discharged in-patients

El Grupo de Expertos para la aplicación del Artículo 31 del Tratado del EURATOM ha adoptado la Recomendación indicada, que será publicada próximamente.

Dada la relevancia de esta Guía para la práctica médica, el borrador final podrá ser consultado en la SEPR. Cualquier información adicional se puede solicitar a los Expertos Españoles del Artículo 31, Mercedes Bezares (Ministerio de Sanidad), Ignacio Amor (CSN) y David Cancio (CIEMAT).

SEGUNDA REUNIÓN DE COORDINADORES DEL PROYECTO ARCAL XX

Del 27 al 31 de octubre del presente año se llevó a cabo la Segunda Reunión de Coordinadores del Proyecto ARCAL XX del OIEA: "Directrices para el control de fuentes de radiación" en la ciudad de Goiania, Brasil.

Participaron los Coordinadores del Proyecto ARCAL XX: Horacio García (Argentina), Silvia M. Velasques de Oliveira y Anna María Campos de Araujo (Brasil), Mauricio Lichtemberg Villarroel (Chile), Mauricio Ariza León (Colombia), Luisa A. Betancourt Hernández (Cuba), Florencio Pinela Contreras (Ecuador), Hermenegildo Maldonado Mercado (México), Eduardo Medina Gironzini (Perú) y José Antonio Lozada (Venezuela), y por el OIEA estuvieron el Oficial Técnico del Proyecto, Patricia Wieland y el Coordinador de Proyectos Regionales, Jorge Morales Pedraza.

Esta reunión se realizó paralelamente a la Conferencia Internacional: "El accidente radiológico de Goiania: 10 años después" y fue presidida por la Coordinadora del Proyecto ARCAL XX de Brasil.

En esta oportunidad se reafirmó que el objetivo del proyecto es el de promover un desarrollo armónico en la región para garantizar un efectivo control de las fuentes de radiación para evitar exposiciones innecesarias y limitar las posibilidades de accidentes adoptando las nuevas orientaciones de las Normas Básicas Internacionales de Seguridad aprobadas por el OIEA.

Durante la reunión se analizaron los documentos técnicos elaborados por los expertos de la región, se revisó el Plan de Actividades para 1998 y se consideraron las

tareas que deberán ser realizadas en el período 1999-2000.

Se tomó conocimiento del documento elaborado por los expertos de Brasil, Colombia, Cuba y México sobre Evaluación del Sistema de Control de Fuentes a través de Indicadores de Desempeño, quienes se reunieron en la ciudad de México del 14 al 18 de julio del presente año. Se concluyó que, debido a que es un documento preliminar, se seguirá enriqueciendo el tema con nuevos aportes y se ha previsto una segunda reunión de expertos en julio de 1999.

Los documentos que se elaboren en este proyecto son Procedimientos para otorgar Autorizaciones e Inspecciones, Guías para solicitar Autorizaciones y de Seguridad Radiológica en casi todas las prácticas, y para ello se establecen grupos de trabajo con participación de expertos de los 10 países de la región.

En esta oportunidad se revisaron los documentos sobre Radiografía Industrial que fueron preparados por los expertos de Argentina, Brasil, Chile, México y Perú, quienes se reunieron en Río de Janeiro (Brasil) del 4 al 8 de agosto del presente año. Se determinó que para concluir con la revisión final y contemplar los aportes efectuados en esta reunión de coordinadores, es necesario que los expertos de Argentina, Brasil y México se reúnan nuevamente en febrero de 1998.

Igualmente se revisaron los documentos sobre Teleterapia elaborados por los expertos de Argentina, Cuba, Ecuador, Perú, Uruguay y Venezuela, quienes se reunieron en La Habana (Cuba) del 1 al 5 de septiembre de 1997. Se consideró que Cuba podrá seguir recibiendo algunas observaciones y

preparará un proyecto que será remitido a cada país. Con los nuevos aportes se presentarán los documentos finales para su adopción en la Tercera Reunión de Coordinadores del Proyecto ARCAL XX, en octubre de 1998.

Se tomó conocimiento de la creación de la página Web del proyecto y la edición del Boletín ARCAL "Protección Radiológica", a cargo del coordinador de Perú, lo cual se continuará en 1998.

En lo que respecta a las actividades planificadas en 1997, éstas se han cumplido en un 100%.

Para 1998 se ha previsto continuar con la elaboración de documentos técnicos con la participación de expertos de la región de acuerdo a lo siguiente:

- Medicina Nuclear. Lima (Perú), 9-13 marzo: Argentina, Brasil, Colombia, Perú y Uruguay.
- Prospección Petrolífera. Caracas (Venezuela), 20-24 abril: Argentina, Ecuador, México y Venezuela.
- Braquiterapia. Santiago (Chile), 11-15 mayo: Cuba, Chile, Ecuador, Uruguay y Venezuela.
- Irradiadores Industriales. Buenos Aires (Argentina), 21-25 septiembre: Argentina, Brasil, Cuba, Chile y México.

La Tercera Reunión de Coordinadores se llevará a cabo en La Habana (Cuba), del 14 al 20 de octubre de 1998. En esa oportunidad también se llevará a cabo el IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear (19-23 octubre), el cual contará con el auspicio de este proyecto.

En 1999 se prepararán los siguientes documentos:



- Aplicaciones Industriales de fuentes no selladas (hidrología y trazadores) México D.F. (México) (mayo): Cuba, México y Venezuela
- Rayos X Diagnóstico (simple y especial). Río de Janeiro (Brasil) (abril): Brasil, Ecuador y Perú
- Rayos X dental (solamente con expertos de Brasil).

Este año se llevará a cabo la Cuarta Reunión de Coordinadores en Argentina (octubre).

Para el año 2000 se ha previsto elaborar los documentos:

- Rayos X Diagnóstico (Mamografía y TAC). Perú (marzo): Brasil, Chile y Perú
- Control de Procesos Industriales.

Argentina (junio): Argentina, México y Venezuela

– Prestación de servicios.

La Reunión Final de Coordinadores se llevará a cabo este año en Ecuador (noviembre).

Otro de los acuerdos considerados en esta reunión fue elaborar una Guía para la elaboración de los documentos técnicos que se generen en este proyecto.

ARCAL XX EN INTERNET

El Proyecto ARCAL XX ya se encuentra en INTERNET desde el mes de octubre del presente año. Esta "home page" contiene información sobre las actividades que desarrolla este importante proyecto de la región latinoamericana y del caribe. Se incluye información sobre

publicaciones, cursos, direcciones y eventos que se desarrollan en protección radiológica en diversas latitudes y en especial en la región. También se pueden apreciar las actividades de las Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe, de las Sociedades de Radioprotección y del Grupo

Iberoamericano de Sociedades de Protección Radiológica. Esta página está abierta para recibir todas las aportaciones que los lectores crean conveniente difundir en la especialidad y temas afines.

<http://www.rcp.net.pe/ARCALXX>

EL ACCIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIANIA: 10 AÑOS DESPUÉS

Con la asistencia de una 500 personas de más de 15 países se llevó a cabo este importante evento organizado por la Comisión Nacional de Energía Nuclear, con la participación del OIEA, el Gobierno del Estado de Goias y la Fundación Leide das Neves.

El evento se desarrolló en el Centro de Convenciones de la ciudad de Goiania, Brasil, que fue el lugar donde hace 10 años ocurrió un grave accidente con una fuente de Cesio-137 utilizada en terapia y que ocasionó la muerte de 4 personas, además de una costosa operación de limpieza en la ciudad.

En este evento se presentaron 73 trabajos en los 10 tópicos previstos, se desarrollaron

6 Mesas Redondas relacionadas con aspectos médicos, psicológicos y sociales asociados a los accidentes radiológicos, respuesta a accidentes radiológicos, percepción del riesgo y aceptación del público de los lugares seleccionados para residuos radiactivos, control regulatorio de las fuentes radiactivas, etc. También se realizó un Taller sobre Legislación, Regulaciones, Convenciones, Normas y Recomendaciones.

Paralelamente se llevó a cabo la Segunda Reunión de Coordinadores del Proyecto ARCAL XX y la Reunión de Expertos en el área de Seguridad Nuclear como parte de los acuerdos de cooperación entre Argentina y Brasil.

Igualmente se exhibieron los principales productos desarrollados en el campo de la protección radiológica por importantes empresas. El OIEA y el Proyecto ARCAL XX también contaron con sus respectivos stands.

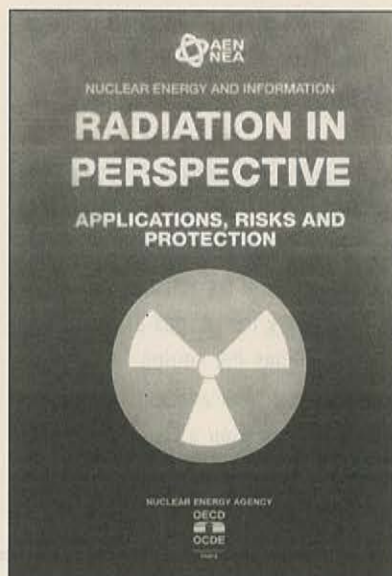
Los participantes pudieron apreciar los lugares involucrados en este accidente gracias a la visita programada el día martes 28, la cual finalizó con una visita al lugar donde se encuentran los residuos generados en aquella oportunidad y que están en la Abadía de Goias.

Los asistentes pudieron aprender importantes lecciones gracias a este evento que consideró todos los aspectos relevantes de este accidente.

Radiation in Perspective

Applications, Risks and Protection
Nuclear Energy Agency - OECD - 1997
ISBN 92-64-15483-3

Este libro, de pequeño formato, nada extenso, pero muy bien documentado, pretende llegar a una audiencia no especialista en el tema. Por ello ha tratado, sin perder rigor, de ser claro y comprensible para tratar las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en la medicina, la industria y la investigación. Incluye los primeros descubrimientos así como las primeras evidencias de efectos nocivos y los diversos usos destacando, como era de esperarse, la producción de energía por medios nucleares y la protección contra las radiaciones.



El libro no elude tratar un tema, a veces árido, como es el de unidades radiológicas y tal

vez lo más notable es que aborda un capítulo dedicado a los aspectos sociales y económicos.

Si bien como ha sido indicado, el libro está orientado para ser comprendido por no especialistas es conveniente dejar claro que, en opinión del que escribe estas líneas, resulta recomendable también para personas "informadas" ya que sin duda encontrarán una información bastante completa y condensada.

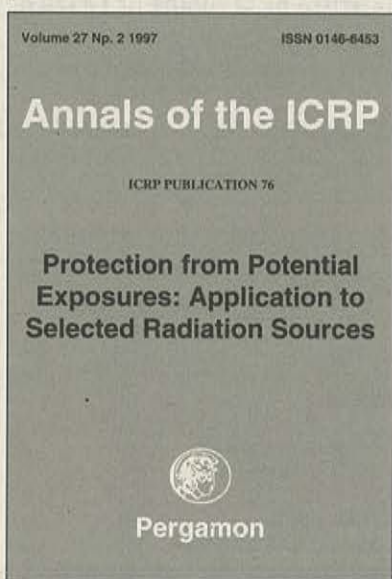
Finalmente, y no menos importante, hacer notar que este libro está dedicado a la memoria del Dr. Henri Jammet, fallecido en 1996, reconocido y recordado por sus méritos como pionero y especialista y también por su verbo brillante, su tesón y el amable calor que supo irradiar en su entorno.

David Cancio

**Protection from Potential Exposures:
Application to Selected Radiation
Sources**

(ICRP-Publication 76)
Annals of the ICRP 1997; 27 (2)
ISSN 0146-6453

Esta nueva publicación de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) "Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources", ICRP Publicación 76, responde al contexto establecido en la Publicación 60 relativo a las exposiciones potenciales, aquellas que, aunque no es seguro que ocurran, pueden ser anticipadas como resultado de la introducción o la modificación de una práctica, pudiendo asignarseles una probabilidad de ocurrencia. Este



concepto, tal como se discute en la Publicación 64 "Protection from Potential Expo-

sure: A Conceptual Framework", se basa en el hecho de que no todas las exposiciones ocurren de acuerdo con las predicciones.

La publicación consta de 5 capítulos principales, de los cuales el último está dedicado a demostrar la aplicación práctica, en casos seleccionados, de la herramienta conceptual presentada en la citada Publicación 64 y dirigida a juzgar la aceptabilidad de las exposiciones potenciales. En los ejemplos seleccionados: exposiciones potenciales en equipos de irradiación y aceleradores, exposición potencial debidas a fuentes de radiación perdidas y exposiciones potenciales de pacientes debidas a un sistema de radioterapia utilizado para la irradiación gamma de lesiones intracraneales, el análisis de los escenarios que pue-

den conducir a exposición se realiza mediante estructuras lógicas de árbol de sucesos y de fallos, asignando probabilidades a los escenarios y las exposiciones.

Otro de los capítulos de la publicación presenta y discute aspectos fundamentales en la evaluación de las exposiciones potenciales con el fin de planificar medidas de protección, tales como aceptabilidad y restricción de riesgos, la construcción de escenarios de secuencia de acontecimientos que conduzcan a exposiciones, evaluación de probabilidades mediante métodos

estándar, estimación de la dosis resultante y su detrimento asociado y optimización de la protección.

La publicación también recoge, en diferentes capítulos, varios aspectos especiales en la aplicación de este sistema, comenzando con las ventajas de diseños ya probados y los riesgos asociados con modificaciones del equipo. Un capítulo completo está dedicado a los papeles de operadores, gestión y reguladores en la aplicación de protección adecuada contra la exposición potencial.

La metodología que se presenta en esta nueva publicación de la CIRP es únicamente adecuada para su aplicación a aquellas situaciones en las que la exposición potencial afecta a individuos que están también sometidos a exposición normal debido a la práctica, bien ocupacionalmente, como miembros del público o como pacientes, siendo situaciones en las que el número de individuos es, en la mayoría de los casos, pequeño y el único detrimento implicado es el riesgo a la salud de las personas directamente expuestas.

José Gutiérrez

CONVOCATORIAS

CURSOS ORGANIZADOS POR EL CIEMAT

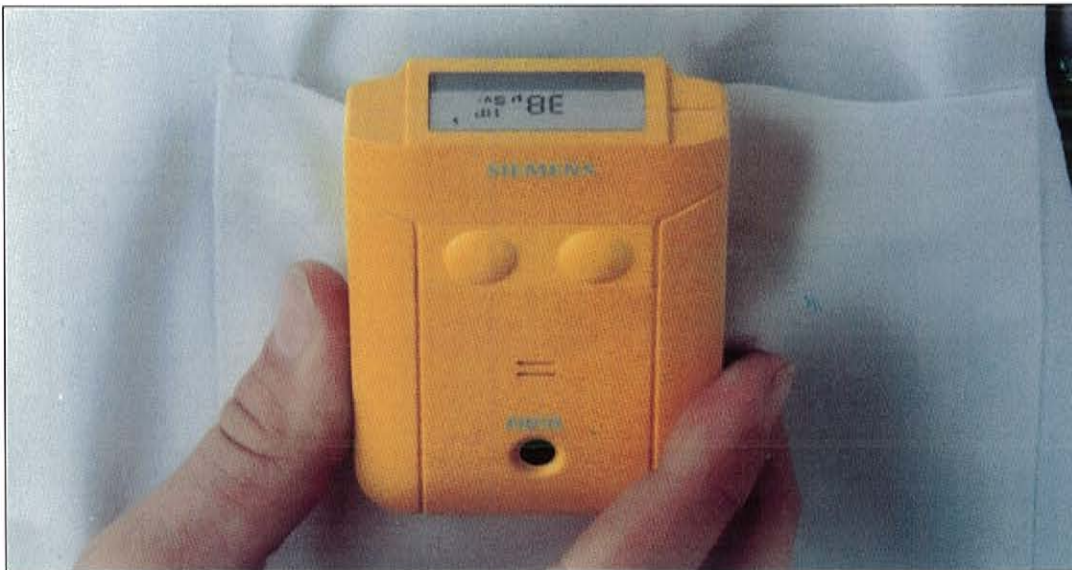
• INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA

Formación en Protección Radiológica. Avda Complutense, 22. 28040 Madrid. Teléfono: 3466298 • Fax: 3466005
e-mail: fjavier@ciemat.es

PROGRAMACIÓN DEL 1º trimestre de 1998

Enero-Diciembre	Master en Energía Nuclear. Organizado conjuntamente con la Universidad Autónoma de Madrid.
12/01-23/01	Protección Radiológica en Instalaciones Nucleares. Organizado en colaboración con la Dirección Nuclear de UNESA.
19/01-23/01	Caracterización de residuos radiactivos.
26/01-24/04	Superior de Protección Radiológica.
09/02-10/02	Conferencia Europea: "Opinión pública y fusión". Organizado en colaboración con la Unión Europea.
10/02-23/06	X Curso Gestión de Residuos Radiactivos. Organizado en colaboración con la U.P.M. y ENRESA.
18/05-05/06	Operadores II.RR.
15/06-18/06	Espetometría γ .
28/09-23/10	Supervisores II.RR.

SIEMENS



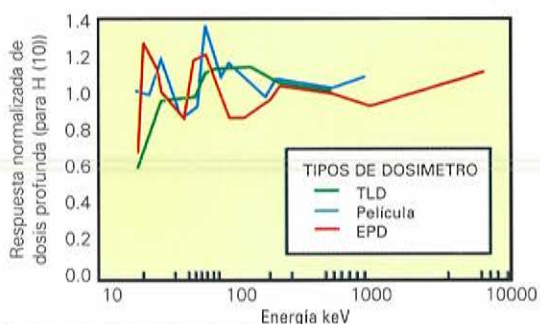
EPD Dosímetro Personal Electrónico

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, $H_p(10)$, $H_p(0,07)$.
- 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
Ornese, 2 - 28020 Madrid
Tel.: (91) 555 65 00
Fax: (91) 556 68 40

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