

RADIOPROTECCIÓN

SEPR



25^o
ANIVERSARIO

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Radiaciones no ionizantes y salud



- ▲ *Dosimetría de campos electromagnéticos para el cumplimiento de normativas de seguridad radiológica*
- ▲ *Exposición a radiaciones no ionizantes ambientales y salud pública: una revisión de las bases biomédicas de los límites de seguridad actuales*
- ▲ *Campos electromagnéticos y salud: información y percepción del riesgo en la población española*
- ▲ *Conclusiones de la Jornada científica sobre "Protección ante radiaciones no ionizantes: Mitos y Realidades. Espectro, Normativa y Protección"*

Nº 44 • Vol. XII • 2005

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Directora

Almudena Real

Coordinadora

Carmen Roig

Comité de Redacción

Beatriz Gómez-Argüello
José Miguel Fernández Soto
Carlos Huerga
Paloma Marchena
Dolores Patiño
Matilde Pelegrí
Beatriz Robles
José María Sastre
Luis Miguel Tobajas
M^o Ángeles Trillo.

Coordinador de la página electrónica

Carlos Prieto

Comité Científico

Presidente: Luis M. Tobajas

David Cancio, Luis Corpas, Felipe Cortés,
Antonio Delgado, Eugenio Gil,
Luciano González, Araceli Hernández,
José Hernández-Armas,
Ignacio Hernando, Rafael Herranz,
Pablo Jiménez, Juan Carlos Lentijo,
María Teresa Macías, Xavier Ortega,
Pedro Ortiz, Teresa Ortiz, Turiano Picazo,
Rafael Puchal, Luis Quindós,
Rafael Ruiz Cruces, Guillermo Sánchez,
Eduardo Sollet, Alejandro Ubeda,
Eliseo Vañó.

Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid
Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77
Correo electrónico: senda@gruposenda.net

Imprime: Publiequipo.

Depósito Legal: M-17158-1993 ISSN: 1133-1747

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



EDICIÓN JUNIO 2005

Foto de portada:
Universalización de la exposición a determinadas radiaciones no ionizantes: Bajas frecuencias de las redes eléctricas y radioseñales emitidas por antenas y teléfonos.

S U M A R I O

- Editorial **3**
- Noticias **5**
 - de la SEPR 5
 - de España 52
 - del Mundo 53
- Colaboraciones **13**
 - Dosimetría de campos electromagnéticos para el cumplimiento de normativas de seguridad radiológica M. Jiménez 13
 - Exposición a radiaciones no ionizantes ambientales y salud pública: una revisión de las bases biomédicas de los límites de seguridad actuales A. Úbeda, M^o A. Trillo 23
 - Campos electromagnéticos y salud: información y percepción del riesgo en la población española A. Fernández, V. Guillem 41
 - Conclusiones de la Jornada científica sobre "Protección ante radiaciones no ionizantes: Mitos y Realidades. Espectro, Normativa y Protección". A. Úbeda 48
- Proyectos de Investigación **52**
- Publicaciones **57**
- Convocatorias **60**

Editorial

El presente número de nuestra revista constituye un número monográfico sobre la protección ante las radiaciones no ionizantes. El desarrollo creciente de las aplicaciones de este tipo de radiaciones en ámbitos muy diversos y la introducción progresiva de tecnologías basadas en la utilización de ondas electromagnéticas, conlleva, como generalmente ocurre en muchos campos de la ciencia y la tecnología, o más exactamente en el de sus aplicaciones, un aumento potencial del riesgo para los beneficiarios. Este hecho, conceptualmente similar al de las radiaciones ionizantes, preocupa a una parte cada vez mayor de la sociedad, llegando a ser en ocasiones motivo de alarma social, y ocupa ya a un sector de investigadores en el afán de avanzar en la identificación y estimación de este riesgo y facilitar, por un lado, criterios de control a las autoridades competentes y, por otro, información rigurosa a la población que la demanda. Desde la SEPR, creemos viable aportar nuestra experiencia a la consecución del objetivo genérico común, que no es otro que conjugar de manera óptima el beneficio producido por el progreso tecnológico con el mejor nivel de protección posible para la sociedad.

Aunque no es la primera vez que RADIOPROTECCIÓN dedica por completo un número a un tema específico, sí lo es en lo que respecta a un campo distinto al de la estricta competencia profesional de la SEPR. Sin embargo, dado que el tema no nos es en exceso distante, y animados por el empuje e iniciativa de alguno de nuestros miembros, cuya labor investigadora no es ajena a esta problemática, creímos que sería, no sólo conveniente, sino también oportuno, organizar una jornada científica que facilitara a nuestro colectivo profesional una visión global del mismo. El acierto de la decisión ha quedado patente por el excelente contenido de las ponencias presentadas, el debate producido y el interés suscitado, plasmado en un elevado número de participantes en la jornada, cuya referencia fue ya publicada en el número anterior, ofreciéndose en éste la publicación de tres artículos científicos, que fueron objeto de ponencias.

Uno de los artículos se centra en la dosimetría de este tipo de radiaciones, resaltando la necesidad de efectuarla de forma correcta y la problemática asociada a la medición, función de las características específicas de la radiación y el entorno objeto de la medida y apuntando criterios para elegir los protocolos e instrumentación de medida a utilizar más adecuados a cada situación.

En otro de ellos se presentan las bases teórico-experimentales en que se apoyan los límites de seguridad propuestos por comités internacionales y se realiza una revisión de la literatura científica reciente sobre bioefectos de las radiaciones no ionizantes. Además, el artículo apunta la controversia generada por interpretaciones alternativas de la evidencia científica, lo que ha llevado en ocasiones a la adopción de límites más restrictivos por parte de algunos países.

El tercer artículo tiene que ver con la información y percepción del riesgo sobre campos electromagnéticos y salud en la población española, presentando los resultados de un estudio preliminar realizado al efecto y centrado fundamentalmente en la exposición asociada a diferentes fuentes domésticas y la percepción del riesgo acerca de la telefonía móvil en particular.

Aunque la noticia sea parte del contenido del presente número, no querría finalizar este editorial sin resaltar la importancia que tiene para nuestra Sociedad y para la disciplina de Protección Radiológica en España, los nombramientos de nuestro anterior presidente, Pedro Carboneras, y nuestra actual directora de RADIOPROTECCIÓN, para formar parte del Comité 4 (Aplicación de las Recomendaciones ICRP) y el nuevo Comité 5 (Protección de especies no humanas) de ICRP respectivamente. Nuestra felicitación y apoyo permanente desde aquí, extensivos a Eliseo Vañó y Pedro Ortiz, que continúan formando parte del Comité 3, así como nuestro agradecimiento a David Cancio, saliente del Comité 4, por su excelente labor durante su período de permanencia en el mismo.

Finalmente, es importante destacar el éxito de las IV Jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental, celebradas en Sevilla, que suponen la consolidación de una de las actividades científicas ya clásica en la SEPR. Y, como no, seguimos animando a todos nuestros socios para su participación en el X Congreso Nacional de la SEPR, el próximo Septiembre en Huelva, acontecimiento al que debemos prestar una especial atención y garantizarle un alto nivel de presencia participativa.



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

www.sepr.es

Secretaría Técnica

Capitán Haya, 60 - 28020 Madrid
Tel.: 91 749 95 17 - Fax: 91 749 95 03
Correo electrónico:
secretaria.sociedades@medynet.com

Comisión 25 Aniversario

Responsable: Paloma Marchena
Leopoldo Arranz, Pedro Carboneras, Pío Carmena, José Gutiérrez, Ildefonso Irún, M^º Teresa Macías, Beatriz Robles, Eduardo Sollet, Luis Miguel Tobajas

Junta Directiva

Presidente: José Gutiérrez
Vicepresidente: Rafael Ruiz
Vicepresidente de Congresos: Francisco Carrera
Secretario General: Ramón Almguera
Tesorera: Cristina Correa
Vocales: Manuel Alonso, José Miguel Fernández, Eugenio Gil, Pablo L. Gómez

Comisión de Asuntos Institucionales

Responsable: José Gutiérrez
Leopoldo Arranz, David Cancio, Pedro Carboneras, Pío Carmena, Manuel Fernández, Ignacio Hernando, Xavier Ortega, Juan José Peña, Manuel Rodríguez, Eduardo Sollet

Comisión de Actividades Científicas

Responsable: Rafael Ruiz
José Baro, Natividad Ferrer, Eduardo F. Gallego, Fernando González, Fernando Legarda, M^º Teresa Macías, M^º Luisa Marco, Almudena Real, Alejandro Ubeda, M^º Isabel Villanueva, Rosa Villaruel

Comisión de Normativa

Responsable: Ramón Almguera
M^º Luisa Chapel, M^º Luisa España, Mercè Ginjaume, M^º Isabel Gutiérrez, Araceli Hernández, M^º Jesús Muñoz, M^º Teresa Ortiz, Turiano Picazo, Eduardo Sollet

Comisión de Comunicación y Publicaciones

Responsable: José Miguel Fernández
Leopoldo Arranz, David Cancio, Joan Font, Olvido Guzmán, M^º Teresa Macías, Paloma Marchena, Carlos Prieto, Almudena Real, Eduardo Sollet

Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Responsable: Cristina Correa
Pío Carmena, Eduardo F. Gallego, M^º Jesús Muñoz, M^º Teresa Ortiz, Beatriz Robles



Carta abierta a los compañeros que se ocupan de los efectos sobre la salud humana de las radiaciones no ionizantes.

El pasado 15 de marzo se celebró en el Hospital Ramón y Cajal de Madrid una jornada científica sobre la protección ante radiaciones no ionizantes, organizada por la SEPR, que llevaba en su título el añadido de "MITOS y REALIDADES".

Como tuve ocasión de exponer en el coloquio, la jornada me dejó una cierta desazón profesional a causa, sobre todo, de un mensaje, insistente y claro por parte de ponentes de reconocida cualificación, sobre los potenciales efectos de estas radiaciones a niveles muy por debajo de los recomendados como seguros por los Organismos Internacionales y también por las Autoridades Nacionales competentes. Se dijo de forma inequívoca que no se puede afirmar que los haya, pero que tampoco se puede negar.

Este mensaje puede analizarse a dos niveles diferentes: por una parte al puramente científico en el que seguramente es debatible y probablemente matizable, en base a la solvencia y el rigor científico de los estudios que sustentan ambas visiones; y por otra, en el ámbito más coloquial de la percepción pública, donde se puede convertir en potencialmente peligroso y necesitado por tanto de profundas matizaciones al expresarlo.

Dije entonces, en el coloquio, que si la duda presentada sobre tales efectos era esencial y afectaba a las bases del sistema de protección utilizado en la actualidad, el problema era grave; pero que si se refería a "los decimales", la situación era diferente y así debía ser precisado, al menos a efectos de comunicación.

Las palabras que pronunció el representante de la autoridad sanitaria en la clausura de la jornada fueron, para mi, muy esclarecedoras. Dijo que había que distinguir tres componentes diferentes del riesgo: su evaluación; su gestión, y su comunicación. Dijo también que la investigación se ubica en el primero de esos componentes y animó a todos a proseguir en el esfuerzo en curso (cosa por otra parte evidente y deseable "per se"). Pero afirmó de forma clara que el tema que nos ocupó en la jornada no constituía en el momento actual un problema importante en lo relativo a la gestión del riesgo y la salud pública para los responsables de la misma, y animó a todos a tenerlo así en cuenta en la faceta tercera de comunicación con la sociedad.

El tema me parece relevante en general y particularmente atractivo para las Sociedades Científicas y Profesionales, como la SEPR. Quizás podríamos tratar de hacer nuestra aportación al mismo, contribuyendo al establecimiento (o al mejor funcionamiento) de "puentes", objetivos, rigurosos y transparentes, entre los re-

sultados de los trabajos científicos de base sobre estas radiaciones y sus efectos, y los sistemas de protección que establezcan las Autoridades competentes. Esta idea no es muy diferente de la que presentaron en la jornada indicada tanto alguno de los ponentes (por ejemplo la representante de la AECC), como otros intervinientes del público, que pertenecían al mundo profesional de los operadores y consultores en la materia.

Me gustaría, con esta carta abierta, promover el debate en la SEPR sobre el tema y eventualmente, contribuir así al logro del objetivo común compartido, que no es otro sino el de hacer compatible el inequívoco beneficio que se obtiene de estas tecnologías, con el logro del máximo nivel de protección posible para la sociedad en general.

Un cordial saludo,
Pedro Carboneras

Madrid, 22 de mayo de 2005

Tal como dice Pedro Carboneras en su carta, repite aquí los comentarios que hizo durante el coloquio de la Jornada Científica sobre Radiaciones No Ionizantes (RNI.) Igual que ocurrió entonces, se me invita a responder a esos comentarios. Accedo con gusto, aunque no tengo datos nuevos que justifiquen argumentos diferentes, y sólo puedo aspirar a transcribir con más habilidad las ideas que expuse entonces.

Según entiendo, el núcleo de la argumentación de la carta es la preocupación del autor por la interpretación que desde medios no expertos pueda hacerse de los datos científicos presentados en la Jornada. Concretamente, Pedro Carboneras propone que una interpretación incorrecta de algunos datos sobre bioefectos de RNI débiles (incluidos en este monográfico) podría dar lugar a percepciones de riesgo desmesuradas, como las que presentó nuestra invitada Ana Fernández, ponente de la SECC (datos incluidos en este monográfico.) La problemática compleja de la transferencia de la información científica hacia los sectores sociales interesados es tan común a numerosas disciplinas, tan clásica en el terreno concreto de la radioprotección, y tan básica, que no veo cómo puede ser abordada en un formato epistolar. Pero si, como parece, se considera de interés revisar la materia, tal vez el Comité Editorial de RADIOPROTECCIÓN desee considerar la posibilidad de dedicarle un artículo en un número próximo.

La Jornada Científica sobre RNI obedeció a una iniciativa del anterior Comité de Actividades Científicas de la SEPR. El nuevo Comité tomó esa iniciativa y me trasladó la responsabilidad de coordinar la organización de la Jornada. Aunque sea obvio, hay que decir que, como corresponde a una Jornada Científica, se presentaron exclusivamente datos científicos, dirigidos a una audiencia científica-técnica experta. Los datos presentados, incluyendo

aquellos que parecen ser indicativos de respuestas biológicas a RNI débiles, son los mismos que manejan los diversos comités científicos de la ICNIRP, la IARC (OMS), el NRPB o la FDA. Mi interpretación científica de esos datos está resumida en el artículo correspondiente de este número monográfico y en las conclusiones de la Jornada, también publicadas en la revista y en la Web. Huelga, por lo tanto, repetir aquí esa interpretación. Baste decir que, en términos generales, coincido con las interpretaciones que han hecho públicas los comités que acabo de enumerar, con los cuales comparto dudas y certezas.

Entiendo que Pedro Carboneras propone que la comunicación de datos científicos a audiencias no expertas debe hacerse en los términos y con los matices adecuados, a fin de evitar interpretaciones que generen alarmas. Obvio. Así se ha venido haciendo desde hace años, con buenos resultados, creo yo. Básicamente, en cualquier comunicación entre expertos conocedores de la materia se considera imprescindible dar prioridad a aquella información reciente que pone de relieve aspectos insuficientemente conocidos de la disciplina. Así se procedió en la Jornada Científica. Por el contrario, cuando se comunica a audiencias no expertas, sean público general, medios de comunicación o trabajadores, se da prioridad a la información esencial y relevante para la seguridad, cuyos principios están bien establecidos. Sin dejar por ello de admitir ante esas audiencias que algunos aspectos de la materia necesitan ser comprendidos mejor y son objeto actual de investigación. Esa estrategia de comunicación fue la empleada, por ejemplo, en la conferencia de prensa celebrada durante la Jornada. Y el resultado general fue, desde mi punto de vista, satisfactorio. Así lo muestran los textos y entrevistas, no alarmantes y sí informativos, publicados ese día y los siguientes en 15 medios de comunicación escrita y audiovisual que cubrieron la Jornada.

¿Existen acaso otros peligros relacionados con la interpretación no experta de la evidencia científica? En sociedades más avanzadas o más atrasadas que la nuestra, esos peligros no se darían, ya que la interpretación de la evidencia sería competencia exclusiva de comités de expertos independientes, cuyos criterios y resoluciones serían respetados y acatados por las autoridades, la industria y los ciudadanos, en bloque. Sin embargo, en el mundo actual, cualquier persona medianamente educada tiene acceso completo a información científica-técnica, original o predigerida, desde el ordenador de su casa. Una vez alcanzada la información, muchas personas, estén familiarizadas o no con la disciplina, se consideran capacitadas para construirse su propia opinión y legitimadas para diseminar sus conclusiones a través de medios tan simples y eficaces como INTERNET. En estas condiciones, podemos tener tantas interpretaciones de la evidencia científica como ciudadanos o grupos de presión. Interpretaciones que suelen incluir expresiones gruesas de dudas sobre la integridad o sobre la inteligencia, según el signo de las conclusiones, de aquellos que no comparten los enfoques o las convicciones del intérprete.

¿Cómo afrontar ese problema y los potenciales daños derivados de él? No parece fácil. Desde luego, una solución podría consistir en no liberar los datos científicos en medios como INTER-

NET, fácilmente accesibles a no expertos. Eso evitaría interpretaciones incorrectas generadoras de alarma o controversia. No obstante, temo que tal estrategia, en el punto que hemos alcanzado, podría resultar contraproducente, al ser interpretada como un intento de ocultar información relevante.

En todo caso, mi experiencia personal con distintos colectivos me lleva al convencimiento de que, en contra de lo que se viene asumiendo en determinados ámbitos, el problema que acabamos de describir no tiene una repercusión relevante en la alarma social reflejada por los datos de Ana Fernández. No es el acceso generalizado a la información científica lo que genera temor en los ciudadanos y en los trabajadores. Es precisamente la falta de acceso a información clara, comprensible y fidedigna (cuyo contenido y cuyo emisor son dignos de crédito) lo que genera ignorancia, miedo y desconfianza. Así lo confirman los resultados presentados en la Jornada. De hecho, la gran mayoría de aquellas personas que consideraban nocivas las RNI de su entorno, confesaban saber muy poco o nada de esas radiaciones. Esas personas declaraban también que la información a la que tenían acceso era muy escasa y de muy baja calidad, pero puestos a elegir, se inclinaban por informarse a través de las organizaciones de consumidores, de la radio o de la televisión. La información proporcionada por las autoridades académicas o sanitarias no parecía ser accesible o de interés para los ciudadanos "alarmados." Precisamente la relación entre la alarma y la falta de acceso a información adecuada fue presentada en mi resumen final como una de las conclusiones fundamentales de la Jornada. Asimismo, la necesidad de aunar esfuerzos para proporcionar información fidedigna, de calidad e interés, fue la recomendación que cerró la Jornada.

En definitiva, me sumo a Pedro Carboneras en su exhortación a la SEPR para que avance en su contribución a la investigación, la educación y la vigilancia dirigidas a compaginar la extensión del empleo de tecnologías altamente beneficiosas con la garantía de plena seguridad para el usuario/trabajador. Entiendo que la SEPR puede y debe seguir siendo la sociedad científica que lidere las iniciativas en protección ante RNI en España, sin olvidar mantener su influencia internacional en la disciplina, obligada particularmente en su función de nexo entre Europa e Iberoamérica. Creo sinceramente que la Jornada sobre RNI, con éxito sin precedentes en número de expertos asistentes, en participación directa de colegas de ultramar a través de INTERNET, en poder de convocatoria de medios de comunicación nacionales y en expresiones escritas de satisfacción por parte de los asistentes, representa un paso significativo de la SEPR en la dirección propuesta y da idea de la potencia de nuestra Sociedad en un terreno nuevo, pero con una clara proyección hacia el futuro de la salud pública y ocupacional.

Alejandro Úbeda
Coordinador de la Jornada
Alicante a 17 de Marzo de 2005

Estimados compañeros:

Me llamo Esperanza Gascó, soy la supervisora de la Unidad de instalaciones radiactivas de la Universidad de Alicante y miembro nº748 de la SEPR, me dirijo a vosotros para elevar una propuesta que considero que puede resultar interesante y que me gustaría que la considerarais para futuros acontecimientos.

En fecha 15 de Marzo se celebró la Jornada sobre "Protección ante radiaciones no ionizantes (RM, radiocomunicación, láser, UV): Mitos y realidades" en el Hospital Ramón y Cajal de Madrid. A dicha jornada asistió un miembro del Servicio de Prevención de esta Universidad.

Igualmente hemos asistido siempre que hemos podido a otras Jornadas y eventos que han sido de nuestro interés profesional pero en ocasiones ha sido muy dificultoso o imposible nuestra asistencia.

Esta mañana he visto a través de un correo electrónico de la lista de distribución de Radiofísica y Protección Radiológica, a la que estoy suscrita, un mensaje de un compañero latinoamericano que hacía referencia a la asistencia a dicha Jornada vía Internet.

Este hecho me ha sorprendido porque desconocía dicha posibilidad y antes de remitir esta sugerencia me he cerciorado de que en la documentación circulante al respecto (página web, tríptico enviado a los socios) no se hace referencia a esta vía de acceso.

Mi propuesta es que se considere esta posibilidad de acceso de forma genérica a todos aquellos futuros eventos que puedan ser de interés para los diferentes profesionales del área, ya que aquellos que no vivimos en Madrid o Barcelona que suelen ser las sedes centrales nos vemos en ocasiones en desventaja con respecto a otros compañeros y que se hiciera extensiva también al territorio nacional dando una adecuada comunicación de ello.

Por último despedirme felicitándoles por esta innovación que vuelvo a repetir me parece muy afortunada.

Agradeciendo su interés, un saludo
Esperanza Gascó

Estimada amiga,

Muchas gracias por su interés y por su amable propuesta para que otras sesiones y jornadas sean transmitidas vía internet. En lo que a mí respecta, prestaré a su sugerencia la mayor consideración.

Debe saber que, hasta ahora, nuestro Hospital no disponía de los medios técnicos para realizar ese tipo de transmisiones. Unas semanas antes de la Jornada, recibimos de nuestros colegas hispanoamericanos o iberoamericanos ("latinoamericano" es un anglicismo impuesto por los italianos, que los españoles no debemos consentir) la solicitud de transmisión. Gracias a los esfuerzos del Dr. L. Arranz, Jefe del Servicio de Protección Radiológica de este Hospital, se consiguió tener a punto el sistema sólo dos días antes de la fecha de la Jornada. Esa es la causa de que los anuncios y los trípticos, salidos de la imprenta y remitidos con semanas de antelación, no informaran sobre la opción de seguir las charlas a través de internet.

Reciba un saludo cordial con mi agradecimiento reiterado por su amabilidad.

Alejandro Úbeda Maeso
Coordinador de la Jornada

Nuevo logo de la SEPR

Como ya anunciábamos en el número anterior de la revista, con motivo de su 25º aniversario, la Sociedad estrena logotipo.

Con un aire más actual y vanguardista, la imagen de la SEPR no pierde su simbología tradicional, que es reconocida por empresas y profesionales del sector.

Desde un punto de vista práctico, permite variaciones en función de las posibles celebraciones o acontecimientos previstos. Por ejemplo, durante 2005 se incluye "25º aniversario", tal como se puede apreciar en las figuras.

Desde aquí va nuestra bienvenida

Comité de Redacción



Lanzamos nuestra web: www.sepr.es

La web de la SEPR ha cambiado, no sólo en su diseño, organización y mantenimiento sino que ahora también hay nuevas secciones y se favorece la participación del socio.



Desde el 25 de mayo la nueva página web de la SEPR (www.sepr.es) ya está disponible. Hemos intentado que el diseño sea lo más sencillo posible e intentaremos introducir y actualizar contenidos para que responda a las inquietudes e intereses de los socios.

LAS SECCIONES DE SIEMPRE ACTUALIZADAS

Las noticias, convocatorias, publicaciones y enlaces de interés en el ámbito de la Protección Radiológica pueden encontrarse en la página web. Además se puede encontrar y descargar toda la legislación de interés en nuestra área. Por último, algunas de las publicaciones de la SEPR se pondrán en breve a disposición de los socios como archivos descargables. En las secciones en las que el volumen de información puede ser grande, se dispone además de un buscador.

BUSCADOR

NOVEDADES

Para los asiduos a la página de la Sociedad, ya no será necesario revisarla por completo para ver lo nuevo. Cada vez que se introduce una noticia, una convocatoria o una publicación nueva aparecerá en la página principal bajo el epígrafe "Novedades en la página".

DESTACADOS

Lo más destacado y de mayor interés para el socio aparecerá en esta barra en la página principal.

LA REVISTA

Todos los números de la revista son accesible a través de la página web, eso sí, los 4 últimos números son accesibles sólo para los socios.

OFERTAS DE EMPLEO

Todos los usuarios pueden consultar las ofertas de empleo que se publiquen en la página web. Los socios, además pueden crear nuevas ofertas, modificar o eliminar sus ofertas de empleo. La posibilidad de que la publicación de dichas ofertas se realice y gestione desde la Secretaría de la Sociedad sigue existiendo. Las ofertas que darán "caducadas" tras 90 días desde su publicación, pudiendo ser eliminadas o renovadas.

FORO DE SOCIOS

Foro en el que los socios pueden lanzar preguntas, temas de debate y compartir inquietudes relacionadas con la Protección Radiológica.

VENTAJAS PARA LOS SOCIOS EN LA WEB

Los socios tienen muchas ventajas adicionales en la web de la SEPR:

- Acceso a contenidos restringidos que se reservan sólo para los socios.
- Acceso al contenido de todos los números de la revista Radioprotección.
- Posibilidad de consultar y participar en el Foro de socios.
- Posibilidad de insertar, modificar y eliminar ofertas de empleo.
- Posibilidad de actualizar datos y clave de acceso "on line".



Acceso socios

E-mail

Contraseña

Reunión de la Comisión de Actividades Científicas de la SEPR

El 17 de mayo tuvo lugar en el CIEMAT la tercera reunión de la Comisión de Actividades Científicas de la SEPR.

Asistieron a la reunión:

Presidente:

Rafael Ruiz Cruces.
(Facultad de Medicina.
Universidad de Málaga).

Secretaria:

Maria Isabel Villanueva.
(CSN).

Miembros de la comisión:

Josep Baró Casanovas.
(ACPRO).

Natividad Ferrer García.
(Hospital Ramón y Cajal).

Fernando González.
(Tecnatom)

Fernando Legarda Ibáñez.
(U. del País Vasco).

María Teresa Macías.
(CSIC).

Almudena Real Gallego.
(CIEMAT).

Alejandro Úbeda Maeso.
(Hospital Ramón y Cajal).

Rosa Villaruel González-Elide.
(CSN).

Tras la lectura y aprobación del Acta de la reunión anterior, el presidente informó a la Comisión de los temas tratados en la reunión de la Junta Directiva celebrada el 16 de mayo de 2005. Resaltar que se presentó a la JD la nueva página electrónica de la SEPR que se pondrá al público el 25 de mayo próximo, la cual supone un progreso muy beneficioso para nuestra sociedad. Asimismo, se presentó el Plan de Actividades 2005 definitivo, que esta disponible en la página web de la SEPR (www.sepr.es).

Alejandro Úbeda presentó el informe definitivo de las jornadas sobre radiaciones no ionizantes celebradas el 15 de marzo de 2005. En el se describen las lecciones aprendidas: grado de participación, recepción por parte de los asistentes, repercusión mediática, aspectos a tener en cuenta en la ejecución de futuras jornadas, etc. El éxito

alcanzado en las jornadas (300 asistentes) ha hecho que se considere la posibilidad de celebrar en el futuro (año 2007) otras jornadas sobre este tema.

Gran parte de la reunión se dedicó a la remodelación definitiva de las áreas temáticas de la SEPR, quedando reducida a nueve. Se definieron las metas, objetivos y planificación de cada área temática y propusieron responsables para cada una de ellas. Se comentó que el hecho de que la nueva página electrónica cuente con un "Foro para socios" puede utilizarse para favorecer el dinamismo de las áreas temáticas.

Finalmente, se comentó la necesidad de que las jornadas/cursos organizados por la SEPR proporcionen créditos para el currículum de los asistentes. Se va a conseguir información de los trámites que habría que hacer para ello.

La próxima reunión del Comité de Actividades Científicas será en septiembre.

Rafael Ruiz Cruces
Presidente de la Comisión

Nuevos representantes españoles en la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)

En el mes de julio se va a proceder a la renovación de los miembros que integran los Comités 1, 2, 3 y 4 de la ICRP. En este nuevo periodo, Pedro Carboneras se incorporará al Comité 4, tomando de algún modo el relevo de David Cancio que lo deja después de más de 8 años de activa participación. También nos es grato anunciar la incorporación de Almudena Real al recientemente creado Comité 5, que ahora se formaliza. Continúan su labor Eliseo Vañó, actuando como secretario del Comité 3, tal y como se informó en el N° 42 de Radioprotección, y Pedro Ortiz, formando parte también del Comité 3. ¡Nunca antes la protección radiológica española había estado tan ampliamente representada en la ICRP!

El Comité 4 sobre "Aplicaciones de las Recomendaciones de la Comisión", del que será miembro Pedro Carboneras, se encargará de asesorar sobre la aplicación del siste-

ma de protección en todas sus facetas, tanto para la exposición ocupacional como para la del público. También actúa como el principal contacto con otras Organizaciones Internacionales y Sociedades Profesionales interesadas en la protección frente a radiaciones ionizantes. La presidencia de este Comité corresponde a Annie Sugier.

Pedro Carboneras Martínez, es Ingeniero Industrial en la especialidad de Técnicas Energéticas por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde hace ya 20 años desarrolla su actividad profesional en la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), como Responsable del Departamento de Seguridad y Licenciamiento. Como todos recordarán Pedro ha sido presidente de la SEPR durante los años 2002 a 2004.

El Comité 5 de ICRP sobre "Protección Radiológica del Medio Ambiente", del que será miembro Almudena Real, ha sido recientemente creado por la ICRP y se encargará de establecer un sistema para la evaluación de los efectos de la radiación en especies no humanas basado en el concepto de animales y plantas de referencia. Con este sistema no se pretende fijar estándares reguladores sino proporcionar una herramienta útil para ayudar a los reguladores y operadores a demostrar conformidad con la legislación medioambiental existente y futura. El presidente de dicho Comité será el Professor R. J. Pentreath.

Almudena Real es Doctora en Ciencias Biológicas. En la actualidad es investigadora de la Unidad de Dosimetría de Radiaciones, como responsable de la línea de investigación Microdosimetría en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Desde enero de 2005 es la directora de la revista Radioprotección de la SEPR.

Para terminar, es obligado señalar que es motivo de orgullo para nuestra Sociedad el hecho de que todos los representantes españoles en esta nueva etapa de ICRP, pertenezcan a la misma; lo cual es sin duda una prueba más del decisivo papel que juega la SEPR en el presente y también en el desarrollo futuro de la Protección Radiológica a nivel internacional.

Comité de Redacción



Se aproxima la fecha para el X Congreso de la SEPR



Cuando faltan menos de 100 días para el inicio del X Congreso de nuestra Sociedad, tenemos que decir que todo va según lo previsto. En el momento en que esta nota vea la luz, tendremos unas 100 personas inscritas. Aunque no habíamos realizado ninguna previsión de ritmo de inscripciones, creemos que no vamos a tener problemas para llegar a los 200 inscritos, nuestro objetivo inicial, considerando que aún

faltan por inscribirse muchos de los miembros de los Comités, personas de la industria, etc.

En cuanto a los trabajos, se ha remitido la aceptación de 98, de los cuales 24 serán presentados como comunicaciones orales por sus autores, y el resto deberán ser expuestos como posters, y serán presentados a los congresistas por un relator, en sesiones en las que también deberá estar presente algún autor para contestar a las dudas o cuestiones que se susciten.

El Comité Científico ha intentado atender al máximo los deseos de los autores, en cuanto a la forma de presentación, pero el tiempo es limitado, y nos hemos visto obligados a establecer la restricción de veinticuatro trabajos orales. Hay que considerar que cada trabajo ha sido evaluado por un mínimo de tres expertos de reconocido prestigio, en cada una de las áreas temáticas definidas para el Congreso. En algunas ha llegado a haber cinco evaluadores. Todas las evaluaciones se han hecho "a ciegas", es decir, el evaluador desconocía quién o quiénes eran los autores del trabajo. De las calificaciones obtenidas, la solicitud de los autores y la propuesta de los evaluadores, se ha deducido el formato final de presentación. El número de trabajos que se presentan oralmente en cada área es proporcional, como es natural, al número de trabajos presentados a la misma, que en resumen han sido: 13 de Protección Radiológica de los Trabajadores, 13 de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente, 12 de Protección Radiológica de los Pacientes, 23 de Dosimetría, Metrología e Instrumentación, 2 de Radiaciones No Ionizantes, 7 de Residuos Radiactivos, 4 de Efectos Biológicos de las Radiaciones, 12 de Radiactividad Ambiental, 7 de Formación en Protección Radiológica, y 5 de Normativa y Legislación.

El ritmo de presentación de las comunicaciones será a razón de cuatro por hora, diez minutos cada una, con cinco minutos al final de cada comunicación para el debate. Los posters serán presentados por un relator, como se ha dicho, que presentará una imagen del posters en pantalla, que deberán remitir los autores junto con el trabajo completo, a la vez que resalta los aspectos más significativos del trabajo.

Las conferencias plenarias están confirmadas, así como los ponentes de las mesas redondas y los profesores de los cursos de refresco. En cuanto los relatores y moderadores de sesiones acepten su designación, el Programa Científico definitivo, salvo imprevistos, se publicará en la web del Congreso.

En cuanto al Programa Social, hay que destacar que Antonio Calvo, profesional reconocido de la comunicación en nuestro ámbito, glosará en la conferencia inaugural la efemérides que celebramos de nuestro 25 aniversario, celebración que alcanzará su punto álgido con el homenaje que se les va a ofrecer a todos los presidentes que ha tenido la Sociedad en su historia. Los congresistas recibirán también un libro conmemorativo, un CD con todos los ejemplares de la revista, y un DVD con un amplio reportaje del Congreso.

Por último, anunciar que, ante la avalancha de peticiones recibidas, está organizándose para los congresistas que lo deseen una visita al parque nacional de Doñana el sábado 24 en la mañana. Para más información, contactar con la Secretaría Técnica.

Francisco Carrera
Presidente del Congreso

I Seminario General del Proyecto COWAM España

El pasado mes de abril, durante los días 27 y 28, se celebró en Madrid el I Seminario General del Proyecto COWAM España. Este proyecto nace paralelamente con el programa europeo COWAM 2, cofinanciado por la UE y en el que participan 14 países, estando específicamente dirigido a los objetivos del 6º PM de EURATOM que tienen que ver con el desarrollo y evaluación de medidas alternativas para una mejor gobernanza de riesgos, con el fin de desarrollar procesos de decisión que sean percibidos por los agentes sociales ("stakeholders") implicados en el mismo como justos y equitativos.

Cowam España pretende definir una metodología de toma de decisiones para encontrar y definir soluciones en la búsqueda de emplazamientos para residuos o para cualquier otro tipo de instalaciones complejas que, por su naturaleza, pueden resultar polémicas. En este proyecto participan instituciones como la FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias), distintas universidades del país, Consejerías de Medioambiente, Industria y Energía de distintas Comunidades Autónomas, el CSN, ENRESA, AMAC (Asociación de Municipios españoles en Áreas Nucleares) y Enviro España, actuando AMAC como promotor del proyecto y la Universidad Autónoma de Barcelona como coordinadora general.

AMAC invitó expresamente a la SEPR a asistir a este I Seminario General, en la seguridad de que su aportación en el seminario podría ser muy importante para asegurar un resultado correcto y aplicable para el programa. Por parte de la SEPR asistieron David Cancio y su actual presidente, José Gutiérrez.

El Seminario incluyó la presentación de los siguientes temas, que fueron posteriormente debatidos para finalmente hacer una exposición de las conclusiones alcanzadas:

- Democracia Local
- Estrategia, Entorno Institucional y Proceso de Toma de Decisiones (Nivel Nacional)
- Gobernabilidad a largo plazo

Además se presentaron tres casos estudio, "Licencia para Gas Natural en Vandellòs-Hospitalet de l'Infant - Desestimación de Enron en Mora la Nova", "Desestimación de la Planta de Gestión de Residuos Industriales

de Tecmed en Baena" y "La Ponencia del Senado en cuanto a la problemática de los residuos nucleares en España (1996-1999)".

El debate producido supone un valor intrínseco por la amplia participación de agentes sociales implicados en la discusión, lo que debe llevar a un grado progresivo de aceptación de las conclusiones que se alcancen.

La SEPR agradece la invitación al Seminario y declara su interés en este tipo de actividades en las que su participación puede ser de utilidad, gracias a su independencia científica.

José Gutiérrez
Presidente de la SEPR

IV Jornadas sobre "Calidad en el control de la radiactividad ambiental"



Durante los días 18, 19 y 20 de Mayo de 2005, se han celebrado en Sevilla las IV Jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental, organizadas conjuntamente por la Universidad de Sevilla, la SNE y nuestra SEPR. La mesa del acto inaugural estuvo presidida por Antonio Llagudo, Secretario General de la Consejería de



Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Satrio Ramos, Vicerrector de la Universidad de Sevilla, José Gutiérrez, Presidente de la SEPR y Rafael García Tenorio, Universidad de Sevilla y Presidente del Comité Organizador, que realizaron sendas intervenciones.

Las Jornadas, que tuvieron lugar en el salón de actos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, se estructuraron en torno a diferentes mesas redondas, seis en total, constituidas, cada una, por varias ponencias y debate final sobre las mismas, coordinado por un moderador. Los temas de las mesas redondas, que integraron un total de 22 ponencias orales, fueron:

- Normas y Procedimientos
- Aspectos Operativos
- Validación
- Investigación, Servicios, Acreditación
- Medida de Radionucleidos Naturales
- Técnicas de Monte Carlo en Espectrometría Gamma

Entre las ponencias presentadas se incluyeron las correspondientes al avance de los grupos de trabajo constituidos sobre normas y procedimientos, evaluación de incertidumbres y preparación de patrones, con el fin de fomentar la discusión y difusión del trabajo realizado por los mismos.



Hay que destacar además, la celebración de dos sesiones paralelas dedicadas a Jóvenes Investigadores, con el fin de facilitar la difusión y discusión de sus trabajos, que incluyeron un total de 20 ponencias orales (también expuestas en formato póster en una sala habilitada al efecto), adicionales a las mencionadas como parte de las mesas redondas.

También, como parte de las Jornadas, se organizaron dos Foros de Discusión, con participación libre, sobre medidas de radionucleidos en muestras ambientales por espectrometría alfa y el problema del radón en laboratorios de radiactividad ambiental.

Además, el Profesor Manuel García León (Universidad de Sevilla) dictó una conferencia sobre "La espectrometría de masas con aceleradores (AMS) como herramienta para estudios de radiactividad ambiental", que fue complementada con una visita al Centro Nacional de Aceleradores situado en la Isla de la Cartuja.

El acto de clausura estuvo presidido por el Director del Centro de Investigación, Tecnología e Innovación de la Universidad de Sevilla.

El número de participantes en estas IV Jornadas ha superado el de las anteriores, alcanzando una cifra cercana al centenar. Esto supone la consolidación de esta área de investigación, centrada en la radiactividad ambiental, como un clásico de las actividades científicas de la disciplina de Protección Radiológica, en la que nuestro país ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, calidad y operatividad, que admite la comparación con el de los países más avanzados en el tema.

José Gutiérrez
Presidente de la SEPR

Jornadas Técnicas sobre Emergencias en Instalaciones Radiactivas Hospitalarias

6 y 7 de Junio de 2005

La SEPR, en colaboración con el CSN y los Hospitales madrileños La Paz y Ramón y Cajal, ha organizado 2 jornadas bien diferenciadas sobre Emergencias en Instalaciones Radiactivas hospitalarias durante los días 6 y 7 de junio 2005.

La primera, exclusivamente de carácter formativo, estuvo dedicada al personal hospitalario de los Servicios Técnicos y de Gestión que está involucrado en la preparación y respuesta ante situaciones de emergencia en general. Con un programa teórico-práctico, los 35 alumnos inscritos, siguieron con éxito las clases sobre la radiación y sus riesgos, las medidas básicas de radioprotección y los planes de emergencia de las instalaciones radiactivas hospitalarias.

La segunda jornada abierta a todos los socios y especialistas tuvo como finalidad el debatir todos los aspectos relacionados con la interacción entre los agentes implicados en la emergencia radiactiva en hospitales: El perso-



nal propio de la instalación, los servicios de seguridad interna del hospital y las unidades de apoyo externo. Estuvo organizada en 3 mesas redondas, con la participación de representantes de Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica, tanto de hospitales públicos como privados, Directores de Gestión Técnica y Seguridad, Servicios de Prevención de Riesgos Laborales, Supervisores de Instalaciones Radiactivas, asesores de Gobierno de Comunidades Autónomas en esta materia, responsables de Protección

Civil, ENRESA, Cuerpo Nacional de Policía y Cuerpo de Bomberos del Ayuntamiento de Madrid, así como representantes del CSN. Después de largos debates, se clarificó las bases organizativas, operativas y de responsabilidad, haciendo énfasis en las interfases entre los distintos niveles y los mecanismos existentes para la coordinación de sus actuaciones.

Se clausuraron las jornadas en un acto sencillo presidido por la consejera del CSN D^a Carmen Martínez Ten, acompañada del presidente de la SEPR y de representantes de Protección Civil, la Comunidad de Madrid y de los Hospitales co-organizadores. La Sra. Martínez Ten felicitó a los organizadores y agradeció la participación activa de todos los asistentes proponiendo la publicación de las diferentes conferencias por el interés demostrado. La SEPR retuvo la idea y está preparando una publicación monográfica sobre este tema.



Dosimetría de campos electromagnéticos para el cumplimiento de normativas de seguridad radiológica

M. Jiménez

Rohde & Schwarz España.

RESUMEN

Las radiaciones no ionizantes en entornos ocupacionales, públicos o residenciales presentan características muy diferentes en cuanto a su frecuencia, intensidad, patrón temporal, orientación, etc. Para una correcta dosimetría es necesario elegir entre una variedad de protocolos y equipos de medida: banda ancha, banda estrecha, sondas isotrópicas, baja frecuencia, alta frecuencia, monitores personales, monitores de área... ¿Cómo elegir el más adecuado? Depende de la medida que se quiera realizar: cuanto más información disponible más sencillo será tomar la decisión más adecuada. Para ello, es necesario conocer el comportamiento de los campos electromagnéticos (campo eléctrico, campo magnético, campo cercano y campo lejano) y los límites aplicables (límite ocupacional o público en general) en cada caso. Además de esto, es muy importante conocer las diferentes tecnologías que se utilizan en la instrumentación de hoy en día y sus aplicaciones dependiendo de las situaciones.

La necesidad de evaluación de los diferentes límites de exposición vigentes actualmente, hace que sea necesario realizar medidas de los niveles de campo electromagnético en diferentes entornos y situaciones. Para poder realizar medidas de dosimetría correctamente es necesario tener un conocimiento básico del comportamiento de las ondas electromagnéticas para poder identificar de forma sencilla la instrumentación más adecuada para cada caso. En este artículo se hará una

breve introducción al comportamiento de los campos electromagnéticos y un resumen de la normativa vigente para a continuación hacer una descripción de las principales técnicas de medida y de la instrumentación disponible.

Características Físicas

Una onda electromagnética (figura 1) está formada por dos componentes: una componente de campo eléctrico \vec{E}

ABSTRACT

The non-ionizing radiation in occupational, public or residential environments shows a wide variety of characteristics regarding its frequency, power, time pattern, orientation, etc. For a correct dosimetry, it is necessary to choose among diverse measurement protocols and equipments: broadband equipments, selective meters, isotropic probes, high frequency, low frequency, personal monitors, area monitors... How should they be chosen? It depends on the measurement to be done: the more information available, the easier it will be to take the right decision. For this purpose, it is necessary to understand the physics of the electromagnetic fields (electric field, magnetic field, far and near field) and to be familiar with the corresponding safety limits (occupational or public exposure) in each case. Besides, it is very important to understand the differences between the different technologies used in the modern instrumentation and their applications to specific situations.

(en V/m) y una componente de campo magnético \vec{H} (en A/m). Las ondas electromagnéticas varían con la distancia y con el tiempo, siendo dos de sus parámetros más importantes su frecuencia

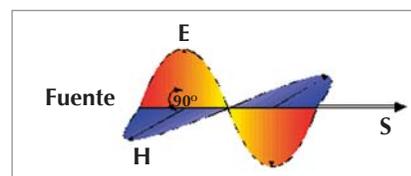


Figura 1. Onda electromagnética, componentes \vec{E} y \vec{H} .

(inversa del período) y su longitud de onda. El período es la diferencia en tiempo entre dos crestas de la onda, mientras que la longitud de onda es la diferencia en distancia. Estos parámetros están relacionados entre sí mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda = v/f \quad \text{Ecuación 1}$$

donde:

λ es la longitud de onda, en m
 f es la frecuencia, en Hz

v es la velocidad de propagación, en m/s. En el caso de propagación en el vacío, la velocidad de propagación es la velocidad de la luz (300.000 km/s). En el caso de propagación en un medio diferente del vacío, la velocidad de propagación depende de las características dieléctricas del medio.

Por lo tanto, las ondas electromagnéticas se propagan en el espacio. La dirección de propagación de la onda electromagnética es perpendicular a los vectores \vec{E} y \vec{H} , pudiéndose calcular la energía de la onda a partir del vector de Poynting \vec{s} .

$$\vec{s} = \vec{E} \times \vec{H} \quad \text{Ecuación 2}$$

El comportamiento de las componentes de la onda depende de la región en la que nos encontremos: hay que diferenciar entre campo cercano y campo lejano.

Campo cercano y campo lejano

Para comprender la diferencia entre campo cercano y campo lejano, podemos utilizar el siguiente ejemplo. Imaginemos que nos desplazamos en una



Figura 2. Campo cercano y campo lejano.

lancha a motor por un lago en calma (figura 2). El motor, como consecuencia de su funcionamiento normal, generará perturbaciones en el agua. Si nos fijamos en dichas perturbaciones en la cercanía del motor, veremos que son muy turbulentas y completamente irregulares, mientras que si nos fijamos en las perturbaciones a cierta distancia del motor, comprobaremos que son ondulaciones mucho más regulares.

Este efecto es el mismo que aparece en el caso de la propagación de las ondas electromagnéticas. Cerca de la fuente de emisión, el comportamiento de las componentes de la onda electromagnética no es constante: las componentes \vec{E} y \vec{H} están desacopladas y no están en fase. Puede haber un campo eléctrico débil y un magnético intenso o viceversa, no existiendo una relación constante entre ellos. Cuando nos separamos cierta distancia de la fuente de emisión y nos encontramos en campo lejano, el comportamiento de la onda se hace más regular: \vec{E} y \vec{H} están en fase y son perpendiculares, existiendo

por lo tanto una relación constante entre ambas:

$$S = E \times H = |E| \cdot |H| \cdot \cos(90^\circ) = E \cdot H \quad \text{Ecuación 3}$$

$$E = 120\pi \cdot H = 377(\Omega) \cdot H \quad \text{Ecuación 4}$$

$$H = E / 120\pi = E / 377(\Omega) \quad \text{Ecuación 5}$$

A la hora de realizar las medidas, es importante tener en cuenta este comportamiento. Si las medidas se realizan en campo cercano, al no existir ninguna relación constante entre ambas componentes, es necesario medir las dos componentes por separado y comparar cada una de ellas con su límite correspondiente. Por el contrario, si las medidas se realizan en campo lejano, es suficiente medir una de las dos componentes, ya que la otra se puede calcular utilizando el valor de la impedancia del vacío (377 Ω), simplificándose significativamente las medidas.

¿Cuál es la frontera entre campo cercano y campo lejano? Se acepta como distancia límite 3λ , aunque en la práctica se toma como distancia una longitud de onda. En el caso de que el emisor o elemento radiante sea mucho mayor que λ , la distancia puede aumentar, tomando el siguiente valor:

$$R > 2D^2 / \lambda\pi \quad \text{Ecuación 6}$$

donde:

R es la distancia a la fuente en m
 D es el tamaño del elemento en m
 λ es la longitud de onda en m

De los datos mostrados en la Tabla I se deduce que en el caso de las bajas frecuencias es necesario medir las dos componentes, ya que el límite entre



Aplicaciones	Frecuencia (f)	Longitud de onda λ ($=c/f$)	Límite Campo Cercano (3λ)
Red eléctrica	50 / 60 Hz	6.000 / 5.000 km	15.000 km
Radio FM	87,5-108 MHz	3 m (100 MHz)	aprox. 9 m
Telefonía móvil	900 MHz	0,3 m	aprox. 1 m
Hornos microondas	2,45 GHz	12 cm	36 cm
Radar	1,7 GHz	23 cm	260m (D=10m)

campo cercano y campo lejano puede ser de varios kilómetros.

Espectro Electromagnético

El espectro de frecuencias (figura 3) se puede dividir en dos partes claramente diferenciadas: radiaciones ionizantes y no ionizantes. Las radiaciones ionizantes son aquellas que tienen una energía asociada suficiente como para ionizar la materia. Como la energía está asociada a la frecuencia de la onda, este tipo de radiaciones se corresponden con ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia (por ejemplo, rayos X). Las radiaciones no ionizantes, por el contrario, no tienen energía suficiente como para generar iones en la materia. Dentro de

este grupo están todas las frecuencias por debajo del ultravioleta y en él están incluidas todas las aplicaciones de comunicaciones que se utilizan hoy en día, además de las frecuencias bajas (ELF), como la de la red eléctrica y las frecuencias intermedias (IF).

Límites de Exposición

¿Cómo se establecen los límites de exposición? Primero existe una fase de investigación, en la que se fija cuáles son los efectos biológicos y sus consecuencias. Posteriormente se analiza el riesgo potencial de esos efectos, para ello habría que tener en cuenta factores médicos, biológicos y también económicos y políticos. Sobre esos niveles que generan un efecto se aplica un

factor de seguridad, normalmente un factor de 10 para exposiciones agudas (cortas) en ambientes ocupacionales, y un factor de 50 para exposiciones del público en general, fijándose entonces los límites básicos de Tasa de Absorción Específica (SAR, en W/kg) y densidad de corriente (J, en A/m²). Como estas dos magnitudes no son fáciles de medir, a partir de ellas y utilizando modelos computacionales, se fijan los límites derivados o niveles de referencia en campo eléctrico (E, en V/m) y campo magnético (H, en A/m ó B, en T), siendo éstas las magnitudes que se miden en la práctica.

Los límites de exposición aceptados hoy en día se basan principalmente en una recomendación del año 1998 del ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones no Ionizantes) [1]. En esta recomendación se fijan restricciones básicas (en SAR y J) y límites derivados (E, H, B), y se toma como tiempo de promedio para las medidas 6 minutos. Además hace una diferenciación clara entre exposición laboral y exposición para público en general.

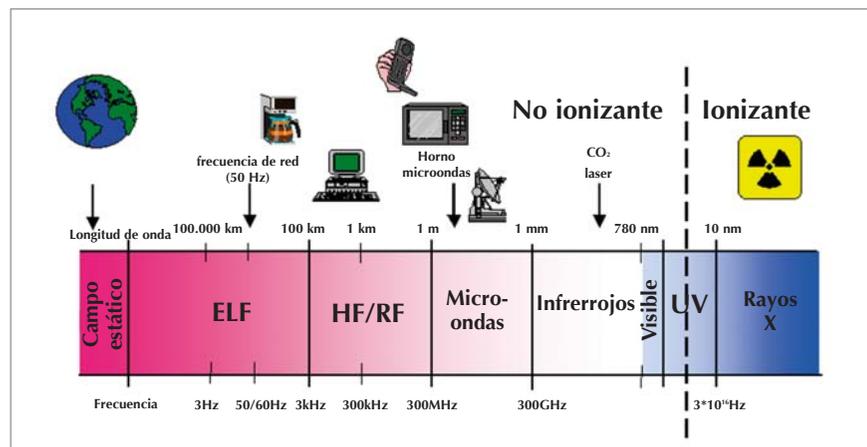


Figura 3. Espectro de frecuencias.

Público en General

En 1999 el Consejo de la Unión Europea publicó una recomendación relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 a 300 GHz [2]. Posteriormente, en el año 2001, se publicó en el BOE del 29 de septiembre el Real Decreto 1066/2001, por el que se aprobaba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de

Tabla II
Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz) según RD 1066/2001

Frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²) rms	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m ²)
0 Hz	40	-	-	-	-	-
0 - 1 Hz	-	8	-	-	-	-
1 - 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 - 1000 Hz	-	2	-	-	-	-
100 Hz - 100 kHz	-	f/500	-	-	-	-
100 kHz - 10 MHz	-	f/500	0,08	2	4	-
10 MHz - 10 GHz	-	-	0,08	2	4	-
10 - 300 GHz	-	-	-	-	-	10

Tabla III
Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz - 300 GHz, valores rms imperturbados) según el RD 1066/2001

Frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0 - 1 Hz	-	3,2 x 10 ²	4 x 10 ²	-
1 - 8 Hz	10000	3,2 x 10 ² /f ²	4 x 10 ² /f ²	-
8 - 25 Hz	10000	4000/f	5000/f	-
0,025 - 0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8 - 3 kHz	250/f	5	6,25	-
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1 - 10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73/f	0,92/f	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2000 MHz	1,375f ^{1/2}	0,0037f ^{1/2}	0,0046f ^{1/2}	f/200
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas [3]. Los límites de exposición establecidos por este reglamento (Tablas II y III) están basados en la recomendación del ICNIRP de 1998. En enero de 2002, se publicó la Orden Ministerial CTE/23/2002, de 11 de enero, que desarrollaba dicho reglamento [4].

Exposición de los trabajadores

La recomendación del ICNIRP de 1998 recoge límites de exposición ocupacional además de los límites para público en general [1]. Además, en el año 2004 se publica la Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición

de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) [5]. En ella, se considera a los campos electromagnéticos como un agente físico más y se fijan dos tipos de límites: los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción. Los valores límite de exposición son, según la directiva, "los límites de la exposición a campos electromagnéticos basados directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. El cumplimiento de estos límites garantizará que los trabajadores expuestos a campos electromagnéticos estén protegidos contra todo efecto nocivo para la salud", dentro de los supuestos que recoge la Directiva. Los valores que dan lugar a una acción son, según la Directiva, "el nivel de los parámetros directamente medibles, expresados en términos de intensidad de campo eléctrico (E), intensidad de campo magnético (H), densidad de flujo magnético o inducción magnética (B) y densidad de potencia (S), ante el cual deben tomarse una o más de las medidas especificadas en la presente Directiva. El respeto de estos valores garantizará la



Tabla IV
Valores límite de exposición según la Directiva 2004/40/CE

Frecuencias	Densidad corriente para cabeza y tronco J (mA/m ²) rms	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (extremidades) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/kg)
Hasta 1 Hz	40	-	-	-	-
1 – 4 Hz	40/f	-	-	-	-
4 – 1000 Hz	10	-	-	-	-
1000 Hz – 100 kHz	f/100	-	-	-	-
100 kHz – 10 MHz	f/100	0,4	10	20	-
10 MHz – 10 GHz	-	0,4	10	20	-
10 – 300 GHz	-	-	-	-	50

conformidad con los correspondientes valores límite de exposición”. Los límites fijados por esta Directiva pueden verse en las Tablas IV y V.

Necesidades específicas en dosimetría y técnicas de medida adecuadas

De lo visto hasta ahora se deduce la existencia de diferentes situaciones de

medida con diferentes problemáticas asociadas: medidas en campo cercano y campo lejano, medidas de señales moduladas, medidas de señales pulsadas, medidas en ambiente ocupacional o en ambientes residenciales... Para cada una de estas situaciones existen técnicas e instrumentación de medida que hacen que los valores obtenidos sean correctos y puedan ser comparados con los límites aplicables en cada caso.

Características y aplicaciones de los sistemas de medida

1. Detectores

El detector es el dispositivo que se encarga de detectar el nivel de la señal. Las sondas pueden incorporar dos tipos de detectores: detectores por diodo y detectores por termopar.

Los detectores por termopar se basan en la capacidad de las ondas de

Tabla V
Valores que dan lugar a una acción, según la Directiva 2004/40/CE (valores rms imperturbados)

Frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E (V/m)	Intensidad de campo eléctrico H (A/m)	Inducción magnética B (μT)	Densidad de potencia de onda plana equivalente, S _{eq} (W/m ²)	Corriente de contacto, IC (mA)	Corriente inducida en las extremidades, IL (mA)
0 – 1 Hz	-	1,63 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	-	1,0	-
1 – 8 Hz	20000	1,63 x 10 ⁵ /f ²	2 x 10 ⁵ /f ²	-	1,0	-
8 – 25 Hz	20000	2 x 10 ⁴ /f	2,5 x 10 ⁴ /f	-	1,0	-
0,025 – 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	-	1,0	-
0,82 – 2,5 kHz	610	24,4	30,7	-	1,0	-
2,5 – 65 kHz	610	24,4	30,7	-	0,4f	-
65 – 100 kHz	610	1600/f	2000/f	-	0,4f	-
0,1 – 1 MHz	610	1,6/f	2/f	-	40	-
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	-	40	-
10 – 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10	-	-
400 – 2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{1/2}	0,01f ^{1/2}	f/40	-	-
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50	-	-

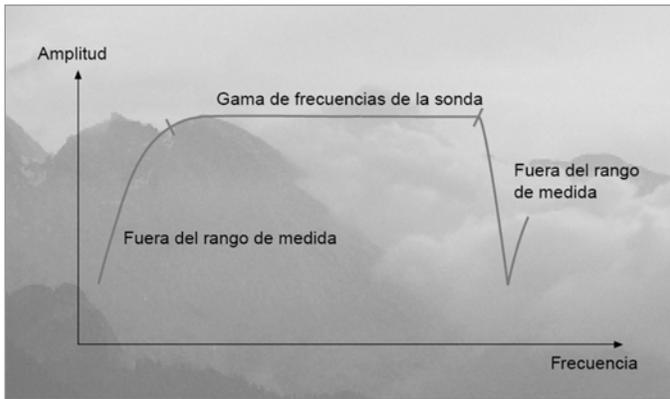


Figura 4. Ancho de banda de trabajo

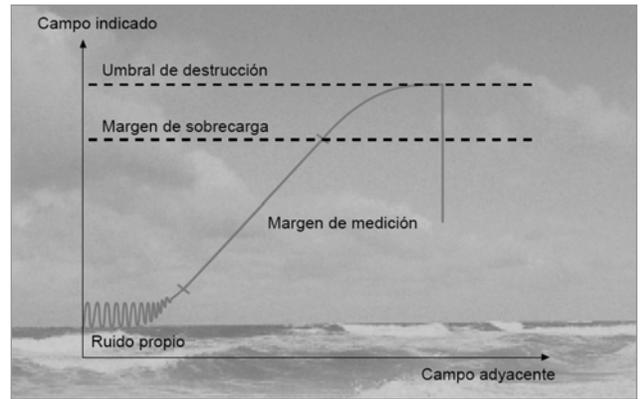


Figura 5. Sensibilidad y límite de destrucción

radiofrecuencia de calentar los cuerpos sobre los que inciden. Existen materiales que son más sensibles a ese calor y que generan una tensión continua proporcional al calor generado por la radiación. Este tipo de sensores son capaces de medir el valor rms (raíz cuadrada media) la señal independientemente de la forma de la misma. Estos sensores son los más adecuados para realizar medidas sobre señales tipo radar, ya que calculan con fiabilidad el valor efectivo de esas señales que presentan niveles muy elevados. Sin embargo, los termopares tienen un rango dinámico limitado y una sensibilidad menor que otros detectores.

Por el contrario, los detectores basados en rectificadores de diodo presentan un rango dinámico mayor, pero sólo proporcionan el valor RMS cuando el nivel de la señal no es muy elevado. Cuando el nivel de señal alcanza un determinado valor, el detector deja de trabajar en zona cuadrática para trabajar en zona lineal, produciéndose grandes desviaciones en el valor de medida obtenido. La selección de uno u otro detector depende de las características de la señal, por regla general, los detectores por diodo son los más ampliamente utilizados mientras que los detectores por termopar son los que

se utilizan en el caso de señales especiales, como es la señal de tipo radar.

2. Ancho de banda de funcionamiento, sensibilidad y límite de destrucción de la sonda

Cada sonda, tiene un ancho de banda o rango de frecuencia de funcionamiento en el cual la sonda presenta una respuesta plana (figura 4). Fuera del ancho de banda, la atenuación es muy elevada por lo que no sería posible recibir ninguna señal. Por lo tanto, antes de seleccionar una sonda es importante conocer el rango de frecuencias de las señales que se desea medir.

Cada sonda puede registrar correctamente un determinado rango de valores (figura 5). Por debajo de ese rango, la medida está limitada por la sensibilidad de la sonda: no es posible medir valores por debajo de este umbral, ya que la sonda es "sorda". Por encima del rango, es el margen de sobrecarga el que limita la medida. En aquellas situaciones en las que se desconoce el valor de campo esperado, es importante comenzar con la sonda menos sensible, a fin de no destruir los sensores. De todas formas, el límite de destrucción/sobrecarga en tan elevado en casi todas las sondas que se rebasa

con mucho los límites de protección personal.

3. Sondas isotrópicas

En el campo libre tenemos casi siempre varias fuentes de radiación electromagnética. Para poder realizar las medidas correctamente, deberíamos disponer de un dispositivo capaz de obtener los mismos valores de medida independientemente de su posición en el espacio y de la dirección de la que provinieran las ondas electromagnéticas. Este tipo de dispositivos se denominan sondas isotrópicas. Estas sondas incorporan tres sensores situados en cada una de las tres dimensiones del espacio, de tal forma, que el resultado total es el valor cuadrático medio del campo medido (figura 6).

Si no dispusiéramos de este tipo de sondas y utilizáramos sondas

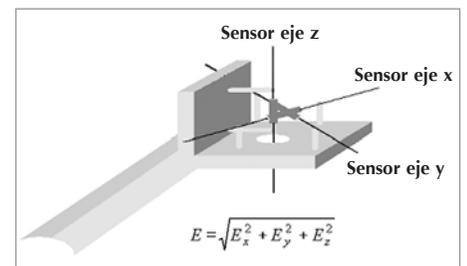


Figura 6. Arquitectura de las sondas isotrópicas de campo eléctrico

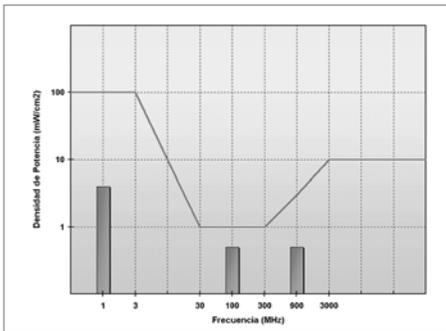


Figura 7. Ejemplo de medida 1.

direccionales (aquellas que sólo son capaces de recibir en una sola dirección), sería necesario realizar tres medidas diferentes situando la antena en cada uno de los tres ejes y realizar el cálculo del valor total. Esto aumentaría la complejidad de las medidas así como del tiempo necesario para realizarlas. En las sondas de campo eléctrico, los sensores pueden ser dipolos, condensadores de placas o sensores de desplazamiento dependiendo de la naturaleza de la emisión. En el caso de los sensores de campo magnético, se utilizan bobinas de diferentes diámetros para poder detectar la componente magnética del campo.

4. Sondas planas y sondas formateadas

Tal y como se ha visto anteriormente, los límites establecidos actualmente por las normativas son dependientes de la

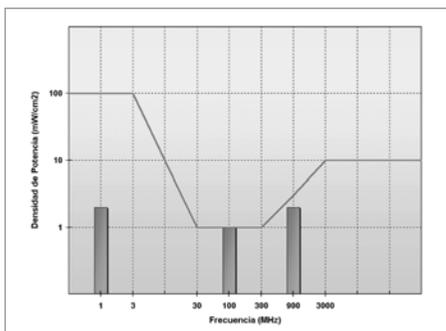


Figura 8. Ejemplo de medida 2.

Tabla VI
Resultados de medida 1

Frec. (MHz)	Potencia (mW/cm ²)	Límite (mW/cm ²)	% Límite
1.0	4.0	100	4
100	0.5	1	50
900	0.5	3	17
Total	5.0		71%

frecuencia de la señal. Entonces, si el equipo de banda ancha no proporciona información de la frecuencia en la que se encuentran las diferentes señales medidas, ¿con qué rango de frecuencias de las tablas de los límites o de los niveles de referencia realizamos la comparación para comprobar si las emisiones medidas en un punto cumplen o no con la normativa correspondiente? Para resolver este problema y poder comparar los resultados de las medidas con los límites, se emplean sondas formateadas según los diferentes estándares. Este tipo de sondas son capaces de dar el valor en porcentaje con respecto al límite en lugar de en valor absoluto de V/m o A/m. Para comprender mejor su funcionamiento, vamos a utilizar un ejemplo. Supongamos el siguiente escenario de medida (figura 7 y Tabla VI).

Si hiciéramos la medida con una sonda plana, obtendríamos la suma total de todas las señales, en este caso 5 mW/cm². Con una sonda formateada, el equipo sería capaz de saber la contribución de cada una de las señales con respecto al estándar, para dar

un valor total en tanto por ciento, en este caso 71%. Con este valor podríamos afirmar de forma inmediata que el valor obtenido está dentro de los límites (<100 %), pero si únicamente conocemos el valor obtenido por la sonda plana ¿estaríamos dentro de los límites? ¿con qué parte del límite compararíamos? Si toda la energía estuviera concentrada en el rango de frecuencias en el que los límites admiten densidades de potencia más elevadas, la exposición cumpliría la normativa, pero al estar realizando la medida con un equipo de banda ancha, no tendríamos de esta información. Poniéndonos en el caso peor, podríamos comparar con la parte del espectro en que los límites imponen densidades de potencia más bajas: si el valor obtenido estuviese por debajo del límite, quedaría garantizado el cumplimiento de la normativa en todos los rangos de frecuencia. En este ejemplo, si comparamos el valor obtenido por la sonda plana (5 mW/cm²) con los valores límite más bajos (1 mW/cm²), la medida sobrepasaría el umbral de la normativa, por lo que tendríamos que utilizar

Tabla VII
Resultados de medida 2

Frec. (MHz)	Potencia (mW/cm ²)	Límite (mW/cm ²)	% Límite
1.0	2.0	100	2
100	1.0	1	100
900	2.0	3	67
Total	5.0		169%



Figura 9. Ejemplo de dispositivos portátiles.

un dispositivo de banda estrecha para comprobar realmente cuál es la distribución espectral de todas las señales.

Si hiciéramos la medida con una sonda plana, obtendríamos la suma total de todas las señales, en este caso de nuevo 5 mW/cm^2 . Aunque la distribución espectral de las señales ha cambiado, no lo detectaríamos con la sonda plana. Con una sonda formateada, sí que podríamos detectar este cambio de escenario, ya que obtendríamos un valor del 169%.

La sonda plana daría el mismo valor en ambas situaciones (5 mW/cm^2), mientras que la sonda formateada daría en el primer caso un valor por debajo del límite y en el segundo un valor por encima del límite. Con la utilización de este tipo de sonda, evitaríamos tener que utilizar instrumentación de banda estrecha en aquellos casos en los que no es necesario.

5. Instrumentación de banda ancha

En función de cómo se realiza la medida, se pueden clasificar los equipos

en dos grupos: instrumentación de banda ancha e instrumentación de banda estrecha. Los equipos pertenecientes al primer grupo, la instrumentación de banda ancha, dan información acerca del nivel de campo en la banda de aplicación, pero no de su distribución espectral, es decir, de a qué frecuencias específicas se corresponde el nivel medido. Nos proporcionan un valor que es la "suma" de todas las señales que están dentro de su ancho de banda de funcionamiento, pero dentro del mismo no podemos saber cómo está distribuida la energía. Se pueden utilizar con sondas de campo eléctrico o campo magnético, según se necesite. Estos equipos son sencillos de utilizar y con un coste no muy elevado, aunque la precisión de la medida es inferior a la de los equipos de banda estrecha o selectivos.

5.1 Dispositivos portátiles

Este tipo de instrumentación está formada por una sonda, que lleva incorporado los sensores de medida, y una unidad de control que realiza el proce-

sado y presentación de los datos que recoge la sonda. Son dispositivos ligeros y están pensados para su utilización en cualquier lugar de medida, por lo que la alimentación se realiza por baterías (figura 9). Las sondas de medida son intercambiables, pudiéndose elegir sondas de campo eléctrico o magnético, de respuesta plana o respuesta formateada (ver apartado 4), con detector por diodo o por termopar y con diferentes rangos de frecuencia. La elección de la sonda depende de la aplicación de medida, por lo que es importante tener la máxima cantidad de información de las necesidades de la medida antes de seleccionarla.

Este tipo de dispositivos son capaces de realizar medidas promediadas ya que los límites fijados por los estándares son para valores promediados en seis minutos. Para evitar que el usuario tenga que estar sosteniendo el instrumento durante seis minutos y para obviar la consecuente influencia de su presencia en la distribución de campo en los alrededores de la sonda, este tipo de instrumentación está preparada para poder ser montada en un trípode, de tal manera que se evite la presencia de cualquier elemento perturbador en las cercanías del instrumento durante la realización de las medidas.

5.2 Monitorización personal

Los monitores personales (figura 10) se llevan en el cuerpo como dispositivos de alarma, para monitorizar de forma continua el nivel de campo. Están recomendados para las personas que puedan estar expuestas a campos electromagnéticos elevados, sobre todo las personas relacionadas con actividades de mantenimiento e instalación de infraestructuras industriales o de comunicaciones. La respuesta de



los sensores que llevan incorporados es dependiente de la frecuencia, lo que garantiza que las evaluaciones cumplan las normas correspondientes.

En este tipo de dispositivos cuando el nivel de campo alcanza un determinado tanto por ciento del umbral, suena una alarma y se enciende un LED, avisando al portador de que puede estar produciéndose una violación del límite. Es útil que este tipo de dispositivos tengan una memoria interna para poder almacenar los datos de medida, para así poder realizar a posteriori un análisis detallado de los datos, tanto de los niveles que se alcanzan como del tiempo durante el cual se han superado los límites.

5.3 Monitorización continua

Hay situaciones en las que no es suficiente con realizar una medida instantánea del nivel de campo en un determinado emplazamiento, si no que es necesario realizar una monitorización continua de dichos niveles. Este puede ser el caso de determinados lugares sensibles, como colegios, guarderías, hospitales, etc, o de ambientes laborales en los que interesa monitorizar las variaciones del nivel de campo las 24 horas del día. Además, diversas líneas de investigación actualmente abiertas, se orientan al estudio de los efectos de las emisiones prolongadas en el tiempo, aún siendo éstas de una intensidad muy débil.

Este tipo de sistemas está basado en la utilización de un número de estaciones remotas que se pueden controlar y configurar desde una central. Cada una de estas estaciones (figura 11) está equipada con una sonda (existe una gran variedad disponible), una memoria interna para almacenar los valores medidos y un módulo de comunicacio-



Figura 10. Radman y Nardalert

nes para poder contactar con la central. Este módulo de comunicaciones puede ser un módem GSM, que con una tarjeta SIM elegida por el usuario, da a la estación la posibilidad de establecer llamadas de datos con la central o incluso de enviar mensajes cortos SMS a una lista de números de teléfonos móviles configurada por el usuario cuando se produzca cualquier alarma en el sistema. Es necesario que cada una de las estaciones disponga de una memoria interna de gran capacidad para almacenar los valores durante períodos largos de tiempo. Estas estaciones están equipadas con paneles solares y baterías para que tengan la autonomía suficiente como para no depender de una conexión de alimentación fija.

Una aplicación de este tipo de sistemas es mantener informada a la población de los niveles de campo existentes en un determinado emplazamiento. Para ello se pueden incluir los resultados de medida obtenidos por cada estación en una base de datos para publicarla en una página web.

6. Instrumentación de Banda Estrecha

En aquellos casos en los que las medidas con un dispositivo de banda an-



Figura 11. Estación 2600

cha registren valores superiores o cercanos a los límites establecidos por las normativas, es necesario un análisis más profundo de la señal: es necesario identificar las frecuencias en las que está concentrada la energía (figura 12).

Para ello, debe utilizarse instrumentación para medidas selectivas (figura 13), es decir, instrumentos capaces de discriminar en frecuencia y representar en una gráfica el nivel de señal en cada frecuencia. El manejo de este tipo de instrumentación es más complejo pero proporciona una información más detallada de las características de la señal.

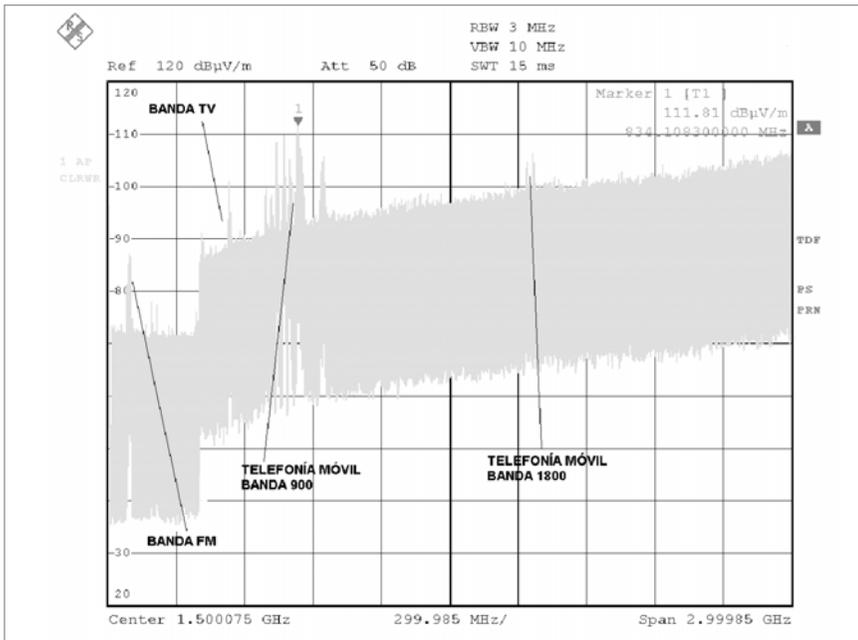


Figura 12. Medida con dispositivo de banda estrecha.

Conclusiones

Dada la gran variedad de instrumentación de medida disponible es muy importante conocer a priori la mayor cantidad de información tanto de la señal y la fuente como del emplazamiento

donde se va a realizar la medida. Debido a la complejidad y al coste de los dispositivos selectivos, la primera aproximación a la medida sería la utilización de instrumentación portátil de banda ancha. En caso de que esta pri-

mera aproximación permitiese demostrar que las emisiones estudiadas cumplen con los límites de exposición, no sería necesaria la realización de medidas de banda estrecha, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero. Además, una correcta caracterización de los niveles de emisión existentes en un emplazamiento permite adoptar estrategias específicas para corregir aquellas condiciones que pudieran dar lugar a una sobreexposición, así como de adoptar medidas preventivas en emplazamientos en los que, aunque actualmente no se superen los límites, existe cierta probabilidad de que sea así.

Bibliografía

- [1] Internacional Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), 1998.
- [2] Consejo de la Unión Europea. Recomendación del Consejo de 12 de julio de 1999 relativa a la exposición de público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz), 1999.
- [3] Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 1066/2001 por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, 2001.
- [4] Ministerio de Ciencia y Tecnología. Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, 2002.
- [5] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos), 2004.



Figura 13. Instrumentación de banda estrecha y resultado de medida

Exposición a radiaciones no ionizantes ambientales y salud pública: Una revisión de las bases biomédicas de los límites de seguridad actuales

A. Úbeda, M. A. Trillo

Servicio Investigación-BEM, Hospital Ramón y Cajal.

RESUMEN

Los potenciales efectos de la exposición a radiaciones no ionizantes constituyen una fuente de interés creciente entre el público y las autoridades sanitarias. Este artículo resume las bases teórico-experimentales en que se apoyan los límites de seguridad propuestos por comités internacionales, y revisa la literatura científica reciente sobre bioefectos de las radiaciones no ionizantes. Por su interés en salud pública, se presta atención especial a los campos de frecuencia industrial (50 – 60 Hz) y a las señales de radiocomunicación por telefonía móvil. El artículo describe también cómo interpretaciones alternativas de la evidencia científica han generado alguna controversia y proporcionado una base a límites más restrictivos, como los adoptados por Suiza e Italia. El trabajo identifica algunas carencias en el presente conocimiento científico y propone que existe una necesidad de completar los conocimientos sobre las respuestas biológicas a las radiaciones no ionizantes.

INTRODUCCIÓN

Conceptos Generales

El uso generalizado de la energía eléctrica y de las emisiones radioeléctricas ha dado lugar a una presencia ubicua de radiaciones electromagnéticas no ionizantes (RNI) en el medio ambiente urbano. Estas radiaciones están compuestas de campos eléctricos y magnéticos oscilatorios que siguen planos perpendiculares entre sí y se

transmiten en el espacio a la velocidad de la luz. Las características y propiedades físicas básicas de las RNI han sido descritas en el artículo precedente por **M. Jiménez** [1]. Las posibles consecuencias sobre la salud de la exposición a las RNI son objeto de interés creciente por parte del público y de autoridades responsables de salud ambiental. Así, la Comisión Internacional para la Protección ante Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP en inglés), comisionado por la Organización Mundial

de la Salud (OMS), elaboró en 1998 una directiva de niveles de referencia y restricciones básicas cuyo cumplimiento garantizase la seguridad de los trabajadores y de los ciudadanos en general ante efectos nocivos de exposiciones agudas a RNI [2]. El artículo de **M. Jiménez** [1] ha descrito cómo las autoridades europeas y españolas han adoptado en sus Recomendaciones y leyes los niveles de referencia y restricciones básicas propuestos por ICNIRP para la protección del público

ABSTRACT

The potential health effects of the exposure to non-ionizing electromagnetic radiation are a source of increasing interest on the part of the public and the authorities. This article summarizes the theoretical-experimental basis supporting the safety levels proposed by international committees, and reviews the recent scientific literature on non-ionizing radiation's bioeffects that are relevant to the validation or modification of the present exposure limits. Because of its social interest, special consideration is given to "power frequency" fields (50-60 Hz) and to the radio communication signals of mobile telephony. The paper also describes how interpretations of the scientific evidence, other than those of the international committees, have generated some controversy and have provided a basis for more restrictive limits, like those adopted in Europe by Switzerland and Italy. The article also identifies some gaps in the present scientific knowledge on the bioelectromagnetics discipline and proposes that additional research is needed to complete our present knowledge on the biological responses to non-ionizing radiation.

general [3] [4] y de los trabajadores [5].

En el presente documento resumiremos la base teórico-experimental sobre la que se asientan las medidas de radioprotección propuestas por la ICNIRP - OMS, y haremos una revisión de la literatura científica reciente sobre aquellos bioefectos de las RNI que pudieran ser relevantes para la ratificación o modificación de los presentes límites de exposición. Por su repercusión en la salud pública, nos enfocaremos principalmente en los campos magnéticos de frecuencia industrial (FI: 50-60 Hz) y en las señales de radiocomunicación usadas en telefonía móvil (TM) a los que está expuesto el público general. No se incluyen en este texto resultados de estudios sobre exposiciones a RNI intensas en ambientes ocupacionales, que serán objeto de análisis en un artículo futuro. Describiremos aquí cómo la interpretación que algunos expertos hacen de la evidencia científica ha generado un cierto grado de controversia entre autoridades responsables de la salud pública estatales o locales, y ha dado lugar a que países europeos, como Suiza e Italia, o comunidades autónomas, como Castilla-La Mancha, hayan optado por establecer límites de exposición más restrictivos que los recomendados por ICNIRP. Este trabajo identifica también la existencia de algunas carencias en el presente conocimiento científico sobre la materia. Tales carencias son en parte responsables de la controversia y la percepción de riesgo existentes en parte de la población. Por ello es urgente incrementar y mejorar la investigación dirigida a completar el conocimiento científico sobre la respuesta biológica a las radiaciones no ionizantes.

Los Límites de Exposición ICNIRP: Criterios de Valoración de la Evidencia Científica y de Evaluación de Riesgos

Criterios de Verosimilitud y Relevancia de la Evidencia. En su revisión de la literatura científica, ICNIRP realizó una "evaluación de la credibilidad de los datos publicados." En esta evaluación sólo se tuvieron en cuenta aquellos efectos que la comisión consideró "bien establecidos." Concretamente, la potencial inducción de enfermedades (determinados tipos de cáncer, principalmente) por exposición crónica a RNI no fue considerada bien establecida y, por tanto, los límites ICNIRP están basados en efectos inmediatos sobre la salud.

La literatura sobre los efectos *in vitro* de exposiciones cortas a CEM también fue evaluada por ICNIRP. De acuerdo con esta comisión, existen numerosos datos de respuestas tisulares y celulares ante exposiciones cortas a RNI débiles, por debajo de los estándares de protección para humanos. Sin embargo, en estos casos el tipo de relación dosis-respuesta no resulta evidente. ICNIRP considera que los resultados de los estudios *in vitro* son de interés limitado a la hora de valorar posibles efectos de los CEM sobre la salud, dado que muchas de las respuestas *in vitro* no han sido comprobadas sobre organismos completos (*in vivo*). En consecuencia, los estudios *in vitro* por sí solos no han sido considerados una base suficiente para valorar posibles efectos de los CEM sobre la salud.

Factores de Seguridad Para el Público y Para los Trabajadores.

A partir de su revisión de la evidencia científica, la ICNIRP estableció, para los distintos rangos de frecuencia del

espectro no ionizante, los niveles umbral de exposición por encima de los cuales cabría esperar efectos adversos para la salud. Una vez determinados estos valores, se concluyó que niveles 10 veces más bajos (10%) que el umbral de nocividad serían inocuos para trabajadores sometidos a exposiciones cortas a RNI en ambientes laborales controlados. Por su parte, niveles 50 veces más bajos (2%) que los citados umbrales serían capaces de garantizar un grado suficiente de seguridad en caso de exposiciones del público general. Estos factores son el origen de las Restricciones Básicas y los Niveles de Referencia establecidos por ICNIRP (ver [1] para más información.) Esta diferencia en las exigencias de seguridad entre trabajadores y público general se debe a la consideración que la población ocupada, por su rango de edad y su estado de salud es, en promedio, más resistente a potenciales daños que una parte del público (niños, ancianos, enfermos.) También se supone que los grupos ocupacionales expuestos a campos intensos deberán estar informados de las características de su entorno electromagnético laboral, y entrenados para evitar esas exposiciones y prevenir los daños derivados de ellas.

Criterios Biofísicos Aplicados en el Establecimiento de los Límites de Exposición.

Las RNI son capaces de inducir corrientes en un cuerpo conductor expuesto. Las características de estas corrientes dependen 1) de factores biológicos, tales como las características eléctricas de los tejidos expuestos y la forma y tamaño del cuerpo sometido al campo, y 2) de parámetros físicos del campo, tales como la frecuencia, la intensidad y la forma



de la señal. El principio de las normativas de protección ICNIRP persigue limitar el nivel de corriente que pueda inducirse en los tejidos de un sujeto como consecuencia de su exposición a una RNI determinada. En los párrafos siguientes describiremos las características de las corrientes que pueden ser inducidas por campos de frecuencia industrial y por radiofrecuencias en el rango de las usadas en telefonía móvil.

A) Campos de frecuencia industrial. El cuerpo humano es conductor eléctrico para campos estáticos y de baja frecuencia, tales como los campos FI, de 50 Hz en Europa. El paso de corrientes eléctricas intensas puede provocar alteraciones severas en el funcionamiento de tejidos electro sensibles, como el tejido nervioso y el muscular. A partir de su revisión de la evidencia científica ICNIRP determina que, para exposiciones a campos de 50 Hz, el nivel umbral para efectos potencialmente nocivos en humanos estaría en una densidad de 100 mA/m² (miliamperios por metro cuadrado.) Sobre este dato, y aplicando el factor de protección establecido para público en general (2%), la ICNIRP aconseja que el público no reciba exposiciones a CEM de 50 Hz con niveles superiores a 2 mA/m² (Restricción Básica para campos de 50 Hz). A través de los cálculos apropiados para los correspondientes Niveles de Referencia se deduce que el cumplimiento de la Restricción Básica para el público queda garantizado para exposiciones a campos electromagnéticos con intensidades de

campo eléctrico $E \leq 5000$ V/m (voltios por metro) y densidades de flujo magnético $B \leq 100$ μ T (microteslas.)

¿Qué efectos pueden esperarse de exposiciones en el orden de esos niveles de seguridad? Por ejemplo, en un cuerpo humano expuesto a un campo magnético de 50 Hz y 100 μ T se produciría por inducción electromagnética un campo eléctrico equivalente en promedio a 5 mV/m (milivoltios por metro.) Pues bien, la intensidad de campo eléctrico promedio en la superficie de la membrana celular debida al ruido térmico¹ fisiológico es del orden de 300 V/m, un valor que supera significativamente al inducido por un campo en el límite de los 100 μ T. De acuerdo con la argumentación ICNIRP, la exposición a señales que inducen a nivel extracelular campos eléctricos de intensidad netamente inferior a la de por sí existente a causa del funcionamiento del propio sistema, no podría inducir efecto biológico alguno². Para una revisión, ver por ejemplo A. Herando, 2002 [6].

B) Señales RF. Las RNI en el rango de las RF y microondas pueden provocar calentamiento en cuerpos hidratados cuando la frecuencia de la señal coincide con la de oscilación interna de la molécula de agua. Ese efecto de resonancia permite a los cuerpos absorber la energía de la radiación, y es el principio por el que funcionan los hornos de microondas. Un efecto similar puede darse en cuerpos expuestos a RF típicas de sistemas de radiocomunicación, como es el caso de la radio, la

televisión, la telefonía móvil o el radar. Concretamente, la evidencia científica indica que exposiciones de 30 minutos a RF con tasas de absorción específica (SAR) de aproximadamente 4 W/kg (vatios por kilogramo) pueden provocar incrementos térmicos $\Delta T \leq 1$ °C en tejidos humanos. Diversos estudios experimentales han proporcionado indicios de que este nivel de SAR es un umbral para efectos comportamentales en animales de laboratorio. En consecuencia, se admite generalmente que la exposición a SAR superiores puede alterar en algunos sujetos el equilibrio térmico autorregulado y provocar niveles adversos de hipertermia. Tomando esa información como base, la ICNIRP y la CUE han establecido el SAR de 4 W/kg como el umbral de efecto nocivo. El 10% y 2% de ese valor (0,4 y 0,08 W/kg) han sido establecidos como los SAR máximos por encima de los cuales la exposición de los trabajadores y el público general, respectivamente, debe evitarse.

CAMPOS DE FRECUENCIA INDUSTRIAL: NIVELES DE EXPOSICIÓN Y EVIDENCIA RECIENTE SOBRE EFECTOS EN HUMANOS

Niveles Típicos de Exposición a CEM de Frecuencia Industrial en Ambientes No Controlados

Denominamos ambientes controlados a aquellos en los cuales las características de los CEM presentes están bien descritas y los niveles de exposición

1. El ruido térmico, propio de cada organismo vivo, es un campo fluctuante, incoherente en el tiempo, provocado por el conjunto de movimientos de cargas eléctricas asociados al normal funcionamiento y metabolismo de las células, tejidos y órganos.

2. Sin embargo, algunos investigadores, entre los que se encuentran los autores del presente texto, han apuntado que tal razonamiento no contempla la posibilidad de que algunas RNI ambientales, por la frecuencia y forma de su señal, y por su duración, tasa de repetición y coherencia en el tiempo, pudieran poseer un significado biológico específico y ser "detectados" por algunas células sobre la incoherencia inherente al ruido térmico. Estos investigadores basan sus hipótesis en datos experimentales que constituirían un supuesto respaldo para las mismas.

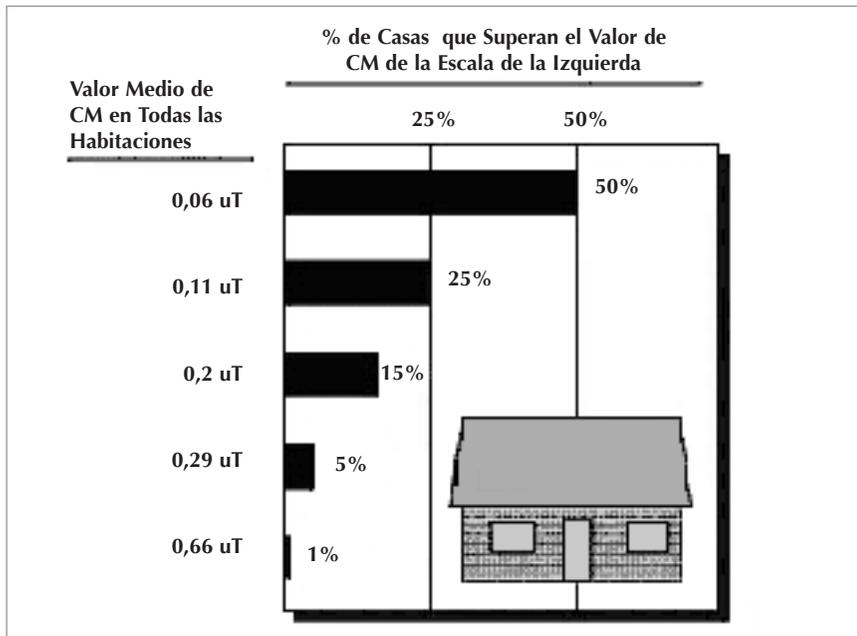


Figura 1: Valores de campo magnético medidos en viviendas estadounidenses (A partir de EMF RAPID Program, 2002 [7]). Se estima que los valores en viviendas europeas son significativamente más bajos debido a las diferencias de tensión y de diseño de las viviendas. En efecto, mediciones realizadas en Francia y en el Reino Unido muestran que el porcentaje de viviendas cuyo valor promedio de campo es $B \geq 0,3 \mu T$ es muy inferior a 1%

han sido medidos. Se asume que el acceso a esos ambientes puede estar restringido y que las personas que los frecuentan conocen las características y distribución de esos campos, y han sido entrenadas para protegerse de posibles efectos adversos derivados de la exposición en ese ambiente. Aquellos ambientes que no cumplan las condiciones descritas entrarían en la categoría de no controlados. Son estos ambientes y las personas expuestas en ellos el objeto de interés en el presente apartado.

Exposición a FI en espacios públicos: La energía eléctrica de las estaciones generadoras es distribuida hacia los centros de población a través de líneas de transmisión de alto voltaje. Mediante el empleo de transformadores, se reduce el voltaje en las con-

exposiciones con las líneas de distribución doméstica. Los campos eléctricos y magnéticos bajo las líneas de transmisión pueden alcanzar valores de hasta 12 kV/m y 30 μT , respectivamente.

Exposición a FI en ambientes residenciales: Los niveles de exposición residencial a campos eléctricos y magnéticos dependen de factores tales como la distancia a líneas eléctricas locales, el número y tipo de electrodomésticos empleados en la vivienda, la configuración del cableado eléctrico de la casa, o el tipo de vivienda (unifamiliar, adosada, apartamento). En las inmediaciones de electrodomésticos comunes, los valores de campo eléctrico y magnético raramente superan los 500 V/m y los 150 μT , respectivamente. Los niveles de ambos parámetros se reducen notablemente a unos pocos

centímetros de los aparatos, dado que los valores correspondientes decrecen con el cuadrado de la distancia a la fuente.

Campañas de mediciones llevadas a cabo en distintos países muestran que el valor promedio de campo magnético registrado en el conjunto de las habitaciones de la mayoría de las viviendas está por debajo de 0,1 μT (Figura 1). En general, debido a diferencias en el diseño de la instalación eléctrica y en la tensión utilizada, los niveles medidos son significativamente más bajos en Europa que en Estados Unidos.

Exposición a FI débiles en ambientes ocupacionales no controlados: Varios trabajos han estudiado las características de las exposiciones a FI débiles en diversos ambientes ocupacionales típicos, no controlados. En términos generales, la mayor parte (>90%) de los valores instantáneos de inducción magnética a 50 Hz, obtenidos en el conjunto de los registros, era menor o igual a 1 μT . Los máximos medidos corresponden generalmente a picos de corta duración, que pueden alcanzar niveles próximos a los 40 μT [8].

La Figura 2 muestra el registro de exposiciones a campos de frecuencias bajas durante 24 horas en un voluntario (un técnico de laboratorio) que portó un pequeño dosímetro durante sus distintas actividades diarias. El magnetograma describe las características de las exposiciones recibidas tanto en la vivienda o en el trabajo, como durante desplazamientos o en la ejecución de actividades de ocio. Como puede apreciarse, el tipo de actividad laboral del sujeto no conlleva la exposición a campos FI intensos. Así, en el presente



ejemplo, encontramos un nivel promedio de exposición muy por debajo de $0,1 \mu\text{T}$, y picos de corta duración (segundos - minutos) cuyo valor no suele ser superior a $1 \mu\text{T}$. Lo mismo ocurre en la mayoría de trabajos no relacionados directamente con la producción, mantenimiento o transporte de la energía eléctrica.

Control de Riesgos en Exposiciones No Controladas a Partir de la Directiva ICNIRP

A partir de los datos resumidos arriba, se concluye que los niveles de exposición a campos FI en la generalidad de los ambientes no controlados, sean públicos, residenciales u ocupacionales, quedan muy por debajo de los niveles de referencia recomendados por ICNIRP para la protección del público general. En estas condiciones, las estrategias a seguir para garantizar la mencionada seguridad consistirían primordialmente en: 1) Prevención: Caracterización y control de ambientes en los que las exposiciones pudieran rebasar los niveles recomendados, y vigilancia médica de los sujetos expuestos; 2) Investigación: Estudios epidemiológicos de poblaciones expuestas a niveles particularmente altos, aunque queden dentro de los límites; investigación experimental sobre mecanismos de respuesta biológica bajo condiciones particulares de exposición; y evaluación permanente de la evidencia que pudiera revelar posibles efectos no detectados hasta ahora.

De hecho, algunos datos recientes han llevado a nuevos análisis del conjunto de la evidencia científica de in-

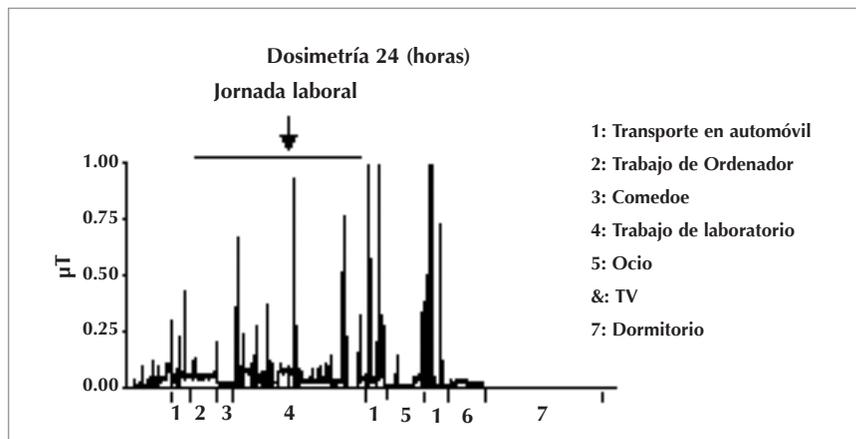


Figura 2. Registro continuo de las densidades de flujo magnético (μT) de distintas fuentes, con frecuencias entre 30 Hz y 1500 Hz, a que estuvo expuesta una persona durante 24 horas de actividad normal entre semana (a partir de datos en Ubeda y col., 2000 [8]).

terés en radioprotección. En los siguientes apartados resumiremos una selección de esos datos y de su interpretación por parte de comités nacionales e internacionales.

Evidencia Sobre Potenciales Efectos de la Exposición a Campos Magnéticos Débiles de Frecuencia Industrial

Resumiremos en este apartado una selección de datos obtenidos de estudios recientes en humanos: 1) epidemiología de leucemia en niños expuestos crónicamente a campos FI en ambientes residenciales; 2) encuestas sobre casos de sujetos que alegan ser "electrosensibles", o hipersensibles a la presencia de campos en su entorno.

Epidemiología de leucemia en niños. De los distintos tipos de enfermedades investigadas como potencialmente ligadas a exposiciones a cam-

pos FI en ambientes no ocupacionales³, la leucemia en niños que habitan viviendas próximas a líneas de alta tensión ha sido la más estudiada hasta el presente y la que ha proporcionado datos de mayor relevancia. En el año 2000, dos grupos de investigadores publicaron independientemente sus respectivos análisis integrados del conjunto de los datos proporcionados por estudios epidemiológicos precedentes [10] [11]. Ambos análisis, que se resumen en la Figura 3, llegaban a conclusiones similares: **1)** no se encontró incremento en el índice de leucemia en niños expuestos crónicamente a valores promedio $B \leq 0,3 \mu\text{T}$, **2)** para grupos expuestos a valores superiores a $0,3 \mu\text{T}$ [10] o a $4 \mu\text{T}$ [11] se registró un incremento significativo en la incidencia de la enfermedad.

Como se desprende de los datos ilustrados en la figura, el tamaño de la población expuesta a los niveles más altos de campo, que mostró una

³ Estas dolencias incluyen: Distintos tipos de cáncer y tumores en adultos y niños, muerte fetal temprana, aborto o anomalías pre- o perinatales, y el cuadro de perturbaciones que componen el denominado "síndrome del edificio enfermo" (insomnio, dolor de cabeza, astenia, excitabilidad). Ver revisión en [9].

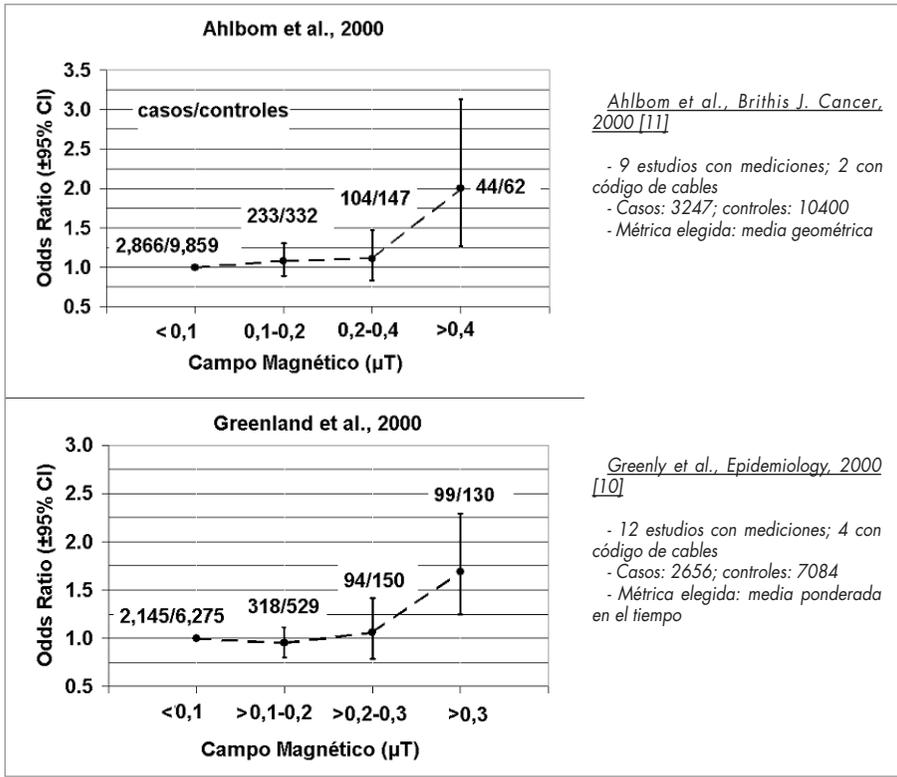


Figura 3: Resumen de los protocolos y resultados empleados en dos análisis integrados de datos epidemiológicos sobre incidencia de leucemia en niños expuestos crónicamente a RNI FI. A partir de Repacholi y Kheifets (2002) [12]

incidencia elevada de leucemia, es muy pequeño⁴. Eso, unido a las fuertes desviaciones de los datos con respecto a la media para los valores B superiores a 0,3 – 0,4 µT y a la relativamente baja fuerza de asociación (Odds Ratio de 1,5 - 2⁵), lleva a los autores a advertir que la asociación observada pudiera también ser producto de un artefacto de selección de las muestras. Asimismo, se está investigando la posibilidad de que el aparente incremento de leucemias observado en las inme-

diaciones de las líneas de alta tensión no se deba a la exposición a RNI, sino a otros factores ligados a, o coincidentes con, la presencia de las líneas. Tales factores incluyen la densidad del tráfico, la presencia de agentes químicos contaminantes o las características y densidad de la población en esas zonas [13]. En todo caso, hasta el presente no se han identificado artefactos estadísticos en los estudios epidemiológicos comentados, ni se han encontrado pruebas concluyentes sobre facto-

res alternativos a los campos FI, que pudieran justificar las observaciones epidemiológicas. Por lo tanto, estos resultados deben ser tenidos en cuenta en materia de radioprotección.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC-OMS) ha estudiado la evidencia científica sobre potenciales efectos cancerígenos de las RNI de bajas frecuencias, incluidas las FI, a fin de proceder a su clasificación. En la clasificación IARC, distintos agentes químicos y físicos son incluidos en distintas categorías o grupos, en función de la certeza científica existente sobre el potencial cancerígeno del agente [14]. Como muestra la Tabla I, IARC agrupa los agentes investigados hasta el presente en cuatro categorías: Grupo 1: "El agente es cancerígeno para humanos"; Grupo 2A: "Probablemente es cancerígeno"; Grupo 2B: "Es posible que sea cancerígeno"; Grupo 3: "No es clasificable"; Grupo 4: "Probablemente no es cancerígeno". Para asignar los campos de baja frecuencia a uno de esos grupos, IARC toma en consideración: 1) Las características y limitaciones de los datos epidemiológicos sobre leucemia en exposiciones residenciales (descritos en este apartado) y sobre cáncer en exposiciones ocupacionales controladas (no incluidos en este artículo); 2) El hecho de que, en su conjunto, la evidencia experimental in vivo o in vitro no ha aportado indicios consistentes de una efectividad cancerígena para las RNI débiles de baja frecuencia⁶ y

⁴ Este bajo tamaño de la muestra se debe, como ya se apuntó anteriormente, a que la proporción de viviendas con niveles promedio de campo B > 0,3 µT es muy inferior al 1%

⁵ La tasa anual de leucemia en niños es 5/100.000. Por tanto, si a efectos de discusión admitiésemos que la exposición a campos superiores a 0,4 µT fuese un factor de riesgo en esa enfermedad, se calcula que el riesgo anual añadido de que un niño expuesto crónicamente a esos niveles desarrollase la enfermedad estaría entre 1/100.000 y 5/100.000.

⁶ En efecto, la evidencia experimental en su conjunto no ha respaldado las observaciones epidemiológicas. No obstante, conviene tener en cuenta las limitaciones técnicas de algunos estudios, así como el hecho de que no es fácil detectar in vivo efectos cancerígenos sutiles utilizando muestras de tamaño relativamente pequeño, como las empleadas generalmente. Tampoco tenemos plena garantía de que los modelos biológicos empleados hasta ahora fueran los adecuados para revelar una sensibilidad de los campos investigados, ni de que los parámetros y condiciones de exposición fuesen siempre los apropiados.



Tabla I: Clasificación IARC del 27 de junio de 2001 [14] (Tomada de Úbeda (2002) [15])

CATEGORÍA	LA EVIDENCIA ES...	AGENTES Y EJEMPLOS
1: CANCERÍGENO	Suficiente ^b en humanos	87 agentes: Asbestos, benceno, dioxinas, radón...
2A: PROBABLE CANCERÍGENO	Limitada ^c en humanos y suficiente en animales	63 agentes: Formol, radiación ultravioleta (A, B y C)...
2B: POSIBLE CANCERÍGENO	Limitada ^c en humanos y menos que suficiente en animales	236 agentes: Cloroformo, café, campos LF, plomo...
3: INCLASIFICABLE	Inadecuada ^d en humanos y limitada ^c o inadecuada ^d en animales	483 agentes. Luz fluorescente, sacarina, té, xileno, mercurio
4: PROBABLE NO-CANCERÍGENO	Indicativa de ausencia de efectos cancerígenos en humanos	1 agente: Caprolactam

^a Más información en: <http://193.51.164.11/monoeval/> y <http://monographs.iarc.fr>
^b Suficiente: Se ha observado una relación positiva. El azar, sesgos o factores de confusión pueden ser descartados con un nivel razonable de certeza
^c Limitada: Se ha observado una relación positiva, pero no pueden descartarse el azar, sesgos o factores de confusión.
^d Los estudios disponibles son de calidad, consistencia o potencia estadística insuficientes, o no existen datos sobre carcinogénesis en humanos.

3) La actual carencia de modelos biofísicos validados que permitan identificar los mecanismos de respuesta que pudieran justificar un efecto cancerígeno de esas RNF⁷.

En virtud de tales consideraciones, IARC ha clasificado los campos de bajas frecuencias dentro de la categoría 2B (posible cancerígeno), con el mismo grado de certeza sobre su potencial cancerígeno que el concedido a agentes como el cloroformo, el café o la fibra de cristal, entre otros.

Otros comités y grupos de trabajo nacionales e internacionales, como el US. National Institute of Environmental Health Sciences (NIH) Working Group, el UK National Radiation Protection Board y el Department of Health Sciences de California, han coincidido con IARC en clasificar el potencial cancerígeno de los CEM de bajas frecuencias y de frecuencia industrial como "posible, pero menos que probable" [9].

La hipersensibilidad electromagnética. La literatura científica ha recogido numerosos casos de personas que alegan sufrir reacciones adversas, como dolores inespecíficos, fatiga, disestesias, palpitaciones, depresión, dificultades para dormir, acúfenos⁸ y otros síntomas que atribuyen a la exposición a CEM. A este conjunto de perturbaciones se le conoce como "Síndrome de Hipersensibilidad Electromagnética". Los resultados de los estudios que han investigado estos síntomas son a menudo inconsistentes y contradictorios. Los trabajos de un Grupo de Expertos comisionados por la DG V de la Comisión Europea para estudiar el problema concluyeron que no existe suficiente evidencia sobre una presunta relación causal entre exposición a CEM y la "hipersensibilidad electromagnética" [16]. De hecho, se han detectado diversos factores que parecen intervenir en la hipersensibilidad electromagnética; entre ellos se incluye: medio poco hidra-

tado, luz parpadeante, factores ergonómicos, enfermedades previas, síndromes neurasténicos y diversos factores sociales y psicológicos [17]. Un estudio reciente sobre personas consideradas electrosensibles para CEM de frecuencia industrial FI reveló que, en promedio, estas personas pertenecían a categorías de edad, sociales, educacionales, laborales, de ingresos, de tasa de paro, etc. que no coinciden con la media de la población ni con las medias para personas hipersensibles o alérgicas a diversos agentes [18]. Los autores del estudio interpretan sus resultados como indicativos de la existencia de factores psicosociales implicados en el fenómeno. Esta hipótesis viene reforzada por observaciones previas que muestran cómo una estrategia adecuada de comunicación e información puede contribuir a la prevención y tratamiento de algunos síntomas relacionados con la hipersensibilidad electromagnética.

⁷ Existen varios modelos en desarrollo o en fase de comprobación. Modelos anteriores han tenido un éxito limitado en la predicción de resultados.

⁸ Acúfenos o "fenómenos acústicos" designan el fenómeno consistente en percibir ruidos que no existen. Es un tipo de perturbación que afecta al 15-20% de la población, incluidos los niños, y a más del 30% de las personas de edad avanzada. Los ruidos más frecuentemente percibidos se asemejan a los producidos por el tráfico o la televisión, silbidos y zumbidos. Esta dolencia carece de tratamiento eficaz conocido.

Influencia de la Evidencia Reciente en las Regulaciones para el Control de la Exposición

La mayoría de los Comités nacionales e internacionales para radioprotección ante RNI han valorado el interés de la evidencia reciente, concediendo especial relevancia a los datos epidemiológicos descritos arriba. Sin embargo, teniendo en cuenta las indeterminaciones que persisten en los estudios epidemiológicos, así como la ausencia del suficiente respaldo experimental y la carencia de modelos que permitan identificar posibles mecanismos biológicos de respuesta, los Comités han concluido, en general, que la evidencia acumulada no justifica la adopción de límites de seguridad más estrictos que los establecidos por ICNIP para la protección del público ante RNI de bajas frecuencias. Así lo entendía el Comité Científico Director de la Unión Europea en Toxicología, Ecotoxicología y Medio Ambiente en su informe publicado en 2002: "Posibles Efectos de los Campos Electromagnéticos Radiofrecuencias y Microondas sobre la Salud Humana" [19]. El Comité español de Expertos Independientes (Ministerio de Sanidad y Consumo) en su Informe Técnico de 2003 llegaba a conclusiones análogas [20]. En todos los casos, los citados comités recomiendan ampliar la evidencia, tanto epidemiológica como experimental, en aquellos aspectos considerados prioritarios para solventar las presentes indeterminaciones y carencias en el conocimiento de los potenciales efectos adversos de los campos de bajas frecuencias.

Entretanto, la amplia difusión alcanzada por la interpretación que algunos autores ajenos a la ICNIRP han hecho de la evidencia epidemiológica aquí descrita, ha suscitado una preocupa-

ción social, dirigida hacia las fuentes más conspicuas de campos de FI: las líneas de alta tensión y los centros de transformación. Teniendo en cuenta esa preocupación, algunas agencias nacionales e internacionales para la radioprotección que respaldan los niveles de seguridad recomendados por ICNIRP, como la OMS, han invitado a los gobiernos a desarrollar estrategias efectivas en cuanto a sus costes, para la reducción de la exposición del público a radiaciones no ionizantes ambientales [21]. En respuesta a esa invitación, algunas autoridades locales han iniciado campañas de enterramiento de líneas de media y alta tensión en áreas que fueron urbanizadas con posterioridad a instalación de las líneas. Es necesario tener en cuenta que esa estrategia debe ejecutarse en condiciones apropiadas para conseguir una reducción eficaz de la exposición [22].

RADIOFRECUENCIAS EN TELEFONÍA MÓVIL: CARACTERÍSTICAS Y LÍMITES DE EXPOSICIÓN

Características

Hasta la implantación de la tecnología UMTS, la telefonía móvil europea ha venido utilizando mayoritariamente señales de 900 MHz (sistemas analógicos) o de 900 y 1800 MHz (sistemas digitales, GSM), de amplitud modulada a 16 Hz y 217 Hz, generalmente. En estos rangos de frecuencia, las exposiciones recibidas por el público tienen dos fuentes fundamentales: las antenas de las estaciones base (BTS), situadas en azoteas o sobre mástiles, y los propios teléfonos móviles.

En lo concerniente al tipo de exposición, se distinguen básicamente dos condiciones. Si la distancia que media entre la fuente y el sujeto es muy superior a la longitud de la onda (centímetros en el caso de las frecuencias de telefonía móvil) se dice que la exposición tiene lugar en "campo lejano" y su caracterización es posible a partir de mediciones tomadas en el aire y mediante el empleo de unidades como la densidad de potencia de la radiación (en W/m^2). Es el caso de las exposiciones para personas que viven en las proximidades (decenas de metros) de antenas fijas. Por el contrario, en el caso del teléfono, que se aplica a distancias más cortas que la longitud de onda de la señal, la exposición tiene lugar en el "campo próximo" y su caracterización es mucho más compleja, siendo necesario acudir a estimaciones de la tasa de absorción específica o SAR (en W/kg de tejido) en las que intervienen parámetros como las dimensiones y morfología del cuerpo expuesto y las características eléctricas de los distintos tejidos que lo componen (ver [1] para más detalles.)

Restricciones a la Exposición del Público a RF de Telefonía Móvil

Como quedó descrito más arriba, ICNIRP basó sus recomendaciones en la evidencia experimental sobre efectos nocivos "bien establecidos" explicables a través de mecanismos verosímiles de respuesta biológica. A partir de lo anterior, los límites ICNIRP están basados en efectos inmediatos sobre la salud. Efectos que en el caso de las RNI en el rango de las señales de radiocomunicación consistirían en incrementos de temperatura en los tejidos,



Tabla II. Restricciones básicas y niveles de referencia para exposiciones del público a señales empleadas en telefonía móvil (ICNIRP, 1998; CUE, 1999 y el Real Decreto 1066/2001)

Frecuencia	RESTRICCIONES BÁSICAS		Frecuencia	NIVELES DE REFERENCIA	
	900 MHz	1800 MHz		900 MHz	1800 MHz
SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	0,08	0,08	Intensidad campo E (V/m)	41,25	58,33
SAR localizado (cabeza-tronco) (W/kg)	2,00	2,00	Intensidad campo H (A/m)	0,11	0,16
SAR localizado (miembros) (W/kg)	4,00	4,00	Campo B (μ T)	0,13	0,19
			Densidad de potencia equivalente de onda plana (mW/cm^2)	0,45	0,90

causados por absorción de energía durante la exposición.

De hecho, la evidencia experimental indica que exposiciones de 30 minutos a señales RF con SAR de entre 1 y 4 W/kg pueden provocar en humanos en reposo incrementos locales de temperatura iguales o inferiores a 1 °C. Los estudios experimentales han mostrado indicios de la existencia de un umbral en el mismo rango de SAR para respuestas conductuales en mamíferos de laboratorio. La exposición a SAR más intensos puede superar la capacidad termorreguladora de los sujetos y provocar niveles peligrosos de hipertermia. Estos y otros datos constituyen la base sobre la que ICNIRP ha establecido el nivel de los 0,08 W/kg como límite de seguridad recomendado para exposiciones de cuerpo entero a las que pudiera verse sometido el público en general (Tabla II.)

Niveles Típicos de Exposición a Señales de Telefonía Móvil.

Exposición a Señales Emitidas por las Antenas de las Estaciones Base. La potencia de la señal de las radiaciones electromagnéticas de-

crece con el cuadrado de la distancia al emisor. Por ejemplo, en el caso de una antena operando a su máxima potencia (300 W), a 2 metros en el plano horizontal podría registrarse densidades de potencia de hasta 0,1 mW/cm², mientras a distancias superiores a 30 metros el valor se reduciría a 0,003 mW/cm². En la vertical de la antena los valores son mucho más ba-

jos debido a la estrecha apertura del haz (Figura 4).

Estos datos de exposición a corta distancia han sido confirmados experimentalmente⁹, y completados mediante el uso de modelos humanos o "phantoms". A mayores distancias, la exposición depende, entre otros factores, del número y características de las antenas de la BTS, de su potencia de emisión,

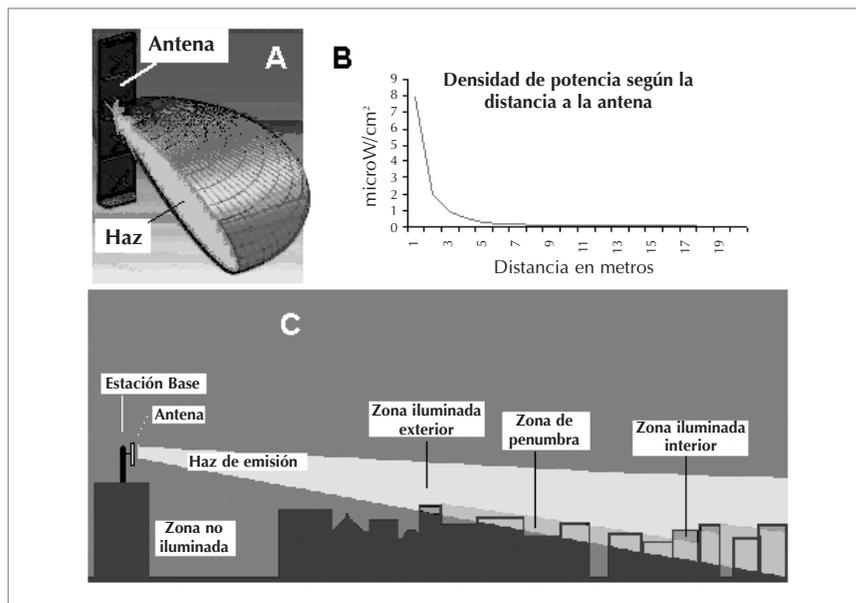


Figura 4: Características de las emisiones de las antenas urbanas de telefonía móvil. A: El haz de emisión es direccional y estrecho; B: La potencia decae con la distancia al emisor; C: Los muros absorben o reflejan parte de la radiación.

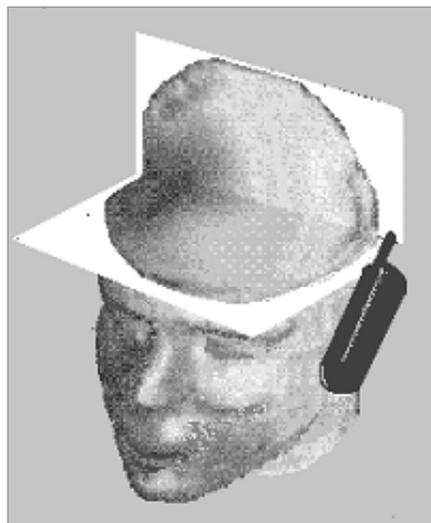
⁹ En España, a fin de garantizar el cumplimiento del Real Decreto 1066/2001 se llevó a cabo en 2002 la más completa campaña de mediciones realizadas nunca sobre fuentes de RNI urbanas, con cerca de 20.000 estaciones base estudiadas. < http://www.setsi.mcyt.es/movil/top_mov.htm>

de la distancia (en el plano horizontal) entre la estación y el punto a estudiar, de la diferencia de altura (en el plano vertical) entre el punto y las antenas y de la presencia de superficies que puedan perturbar las señales [23]. Así, mediciones reales llevadas a cabo en viviendas próximas a las antenas han proporcionado valores significativamente más bajos que los citados arriba, calculados para señales imperturbadas, debido a que 1) la potencia real de emisión de las antenas no suele superar valores de 50 W en medios urbanos, y 2) los materiales con que están contruidos los tejados y muros de los edificios (telas asfálticas, ladrillos, hormigón) pueden absorber o reflejar una parte sustancial de la radiación electromagnética. Así, las mediciones realizadas en viviendas cerca de BTS revelaron que sólo para un porcentaje inferior al 5% de los casos se registraron densidades máximas superiores a 10^{-4} mW/cm²; la mayoría de los valores medidos (76%) eran inferiores a 10^{-5} mW/cm² [24].

Exposición a Señales Emitidas por los Teléfonos Móviles. Según se dijo más arriba, la exposición del usuario de un terminal de telefonía móvil tiene lugar en el "campo próximo", zona en la cual los componentes eléctrico y magnético de la señal se distribuyen heterogéneamente, y sus interrelaciones son complejas. Las características de este tipo de exposición son difíciles de definir, ya que no es posible acudir para ello a cálculos simples basados en mediciones de intensidades de campo eléctrico o mag-

nético tomadas en el aire. Si se asume que la cantidad de energía absorbida por un sistema vivo sería el factor predominante en la inducción de respuestas biológicas en dicho sistema¹⁰, se llega a la conclusión que la mejor valoración de los posibles efectos de una exposición determinada vendría dada por la tasa de absorción específica (SAR) de la radiación. La SAR ha de calcularse; no puede medirse directamente, ya que depende, entre otros factores, de las características eléctricas de los distintos tejidos que componen el órgano expuesto, de las características propias del terminal (potencia de emisión, morfología y dimensiones, ángulo y superficie de apoyo en el rostro, tipo y propiedades de su antena) y de las características de la comunicación (calidad de la cobertura durante la conversación).

En estas condiciones, para la estimación de la SAR se recurre a dos estrategias complementarias entre sí: la ejecución de mediciones en modelos o maniqués de cabeza humana, y la modelización a través de simulaciones por ordenador. Los resultados obtenidos mediante ambas estrategias son coherentes y complementarios. Como muestran la figura 5 y la tabla III, para un teléfono emitiendo a su máxima potencia (media = 0,25 W), el valor máximo de SAR registrado para la piel es de 1,2 W por kg de tejido expuesto (valor promediado para 10 gramos de tejido). En regiones del cerebro próximas al punto donde se sitúa la antena del teléfono, se han calculado SAR máximas de hasta 0,5 W/kg. Sin embargo, dado que la intensidad de la radiación decae significativamente con la distancia, se calcula que la mayor



TEJIDO	SAR máximo (W/kg) Potenc. Emisión: 250 mW
Piel	1,2
Músculo	1,1
Hueso	0,9
Líquido céfalo- raquídeo	0,5
Ojo	0,0
T. Nervioso	0,5

Figura 6 y Tabla III: Valores SAR en un modelo de cabeza humana. Los niveles más altos se dan en tejidos próximos a la antena del teléfono. Todos los valores quedan dentro de los niveles recomendados por ICNIRP

¹⁰ Esta asunción ocupa en el presente una posición dominante. Sin embargo, se ha objetado que otras características de la señal (forma, modulación de baja frecuencia, entre otras) pueden también influir significativamente en la respuesta biológica.



parte del cerebro recibe SAR promedio inferiores a $1,0 \mu\text{W}/\text{kg}$. Si estos valores son comparados con los correspondientes a las Restricciones Básicas en la Recomendación europea ($2,0 \text{ W}/\text{kg}$ para cabeza y tronco, Tabla II) habría que concluir que la energía absorbida por órganos como el oído interno, el ojo o el cerebro, es muy débil, y que el uso del terminal no representaría riesgos debidos a inducción de calor. Eso es particularmente cierto para el cerebro, órgano fuertemente irrigado, en el que la sangre circulante disiparía de inmediato cualquier "microincremento" térmico inducido por las señales [25]. Esta visión ha sido contestada por algunos autores, que resaltan la existencia de estudios experimentales que han registrado efectos biológicos en sistemas expuestos a SAR inferiores a $2 \text{ W}/\text{kg}$, o sugieren la posibilidad de que se den "puntos calientes" en algunas estructuras del cerebro, donde la energía pudiera, hipotéticamente, concentrarse y dar lugar a alteraciones de procesos fisiológicos relevantes.

LOS EFECTOS NO TÉRMICOS DE LAS SEÑALES RF

En su conjunto, la información resumida en el punto anterior revela que las potencias de las RF-MW a que está expuesto el público en general como consecuencia del funcionamiento de equipos de telefonía móvil, se encuentran por debajo de los máximos recomendados por ICNIRP. Se acepta que tales recomendaciones proporcionan un nivel adecuado de seguridad ante posibles efectos térmicos. Por lo tanto, no cabe esperar daños originados por in-

crementos de la temperatura en tejidos u órganos de sujetos expuestos, en condiciones normales, a señales de telefonía móvil.

No obstante, es necesario apuntar que existe evidencia experimental de que pueden darse respuestas biológicas en algunos sistemas expuestos a niveles SAR atérmicos o subtérmicos, por debajo del límite de $4 \text{ W}/\text{kg}$. En los siguientes apartados resumiremos aspectos seleccionados de esa evidencia, y describiremos algunos datos sobre epidemiología del cáncer en sujetos expuestos. Como veremos, diversos comités internacionales competentes han interpretado el bloque de evidencia disponible como no indicativo de efectos nocivos sobre la salud humana de las citadas exposiciones. Sin embargo, algunos autores han visto en el conjunto de los datos una base suficiente para preguntarse si la validez de las actuales regulaciones basadas en criterios térmicos es universal (ver, por ejemplo [26].) Una vez más, la opinión de esos autores ha sido reinterpretada y diseminada haciendo uso de una terminología incorrecta y a través de medios no especializados. La alarma social generada por esas informaciones, y la reacción inapropiada a esa alarma por parte de distintos sectores públicos y privados, han introducido en el panorama elementos espurios que entorpecen la necesaria independencia y calidad en la investigación de los mecanismos implicados en los potenciales efectos no térmicos de las radiaciones no ionizantes RF-MW.

Carcinogénesis: Evidencia Experimental y Datos Epidemiológicos

Al igual que ha ocurrido durante los últimos 20 años para las RNI de frecuencias bajas, la principal materia de interés sobre los posibles bioefectos de las señales de telefonía móvil ha sido, tanto para el público como para los investigadores, la eventual influencia en procesos cancerígenos.

Evidencia Experimental en Modelos Celulares (in vitro):

En el presente contamos con decenas de estudios in vitro sobre radiaciones de telefonía móvil y potencial cancerígeno. Los estudios incluyen 120 tests diferentes para actividad genotóxica y epigenética (ver [27] para una revisión reciente). Estos trabajos han venido mostrando mayoritariamente una ausencia de evidencia sobre dichas actividades. No obstante, algunos trabajos publicados recientemente, llevados a cabo con metodologías avanzadas, han mostrado indicios de respuestas celulares (inducción de micronúcleos, roturas en el ADN, cambios en la expresión y fosforilación de proteínas) a señales GSM con intensidades iguales o próximas a los límites internacionales de seguridad [28 - 30¹¹]. Estos datos, aunque de interés evidente en el estudio de respuestas biológicas no térmicas, son actualmente considerados de relevancia limitada para la evaluación precisa y directa de riesgos en humanos expuestos.

Evidencia Experimental en Animales (in vivo): Tomados en su conjunto, los resultados obtenidos de

¹¹ Ver también los resultados del Proyecto Europeo REFLEX publicados en 2004 en: <<http://www.verum-foundation.de/apopsis/>>

estudios en animales expuestos a CEM de telefonía móvil no han proporcionado evidencia consistente sobre una posible influencia de estas señales en la promoción o progresión tumoral (ver [27] para una revisión reciente). Una conocida excepción a lo anterior la constituye un trabajo de Repacholi y colaboradores [31]. Estos autores emplearon ratones transgénicos, con modificaciones genéticas que les hacían proclives al desarrollo de linfomas. Los animales fueron expuestos intermitentemente (1 h/día) durante 18 meses, a RF intensas de señal modulada, imitando las características de las ondas típicas de telefonía móvil. Al final del estudio se encontró un incremento modesto, pero estadísticamente significativo, en la frecuencia de linfomas en la muestra expuesta a RF. No se encontraron cambios en la frecuencia de otros tipos de cánceres. Sin embargo, un intento de replicación del trabajo de Repacholi no detectó incrementos en la incidencia de linfoma en los sujetos expuestos [32]. No obstante, este intento de replicación presenta limitaciones metodológicas que, en opinión de algunos autores, podría invalidar sus conclusiones.

Tampoco Adey y col., estudiando la incidencia de cánceres de sistema nervioso en ratas expuestas a señales de telefonía móvil durante dos años a partir de los 19 días de gestación, encontraron respuestas indicativas de efectos cancerígenos de las señales [33][34].

En el presente, la Comisión Europea financia el Proyecto PERFORM-A, entre cuyos estudios, que finalizarán en 2005-2006, se investiga la potencial influencia de la exposición a señales débiles de telefonía GSM en carcinogénesis in vivo.

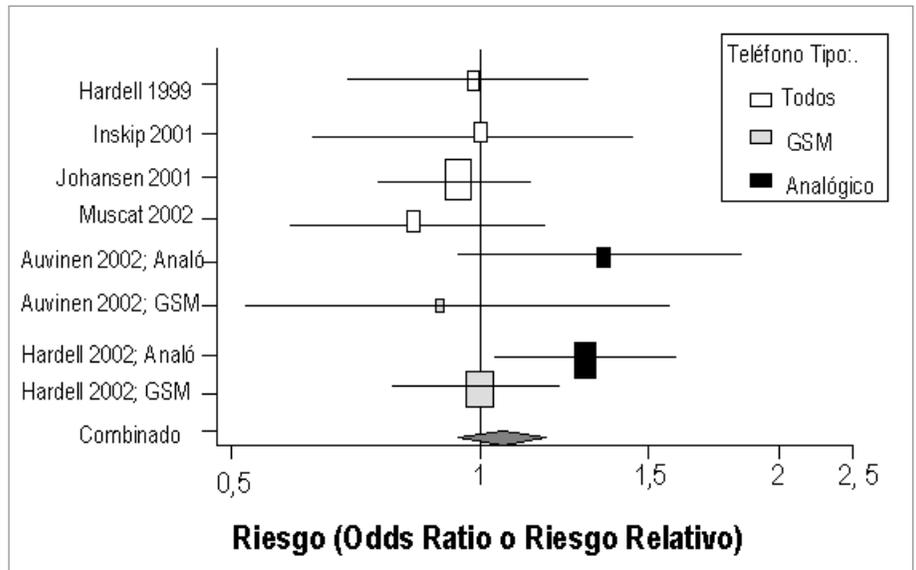


Figura 7: Incidencia de Tumores cerebrales en usuarios de teléfonos móviles. Se observa una tendencia de incremento en la incidencia de tumores en sujetos que han usado teléfonos móviles analógicos. En el estudio de Hardell y col., 2002 [42], el incremento es significativo: OR 1,3 (1,02-1,6)

Epidemiología del Cáncer Entre Usuarios de Teléfonos Móviles.

En el pasado decenio se han publicado varios trabajos que estudiaban la incidencia de tumores (Figura 7) y la incidencia de neuroma acústico (Figura 8) en usuarios de teléfonos móviles [35 - 42].

En general, estos trabajos concluyen que los datos no muestran relación causal entre el uso de los teléfonos móviles GSM y el desarrollo de los citados cánceres. Sin embargo, los

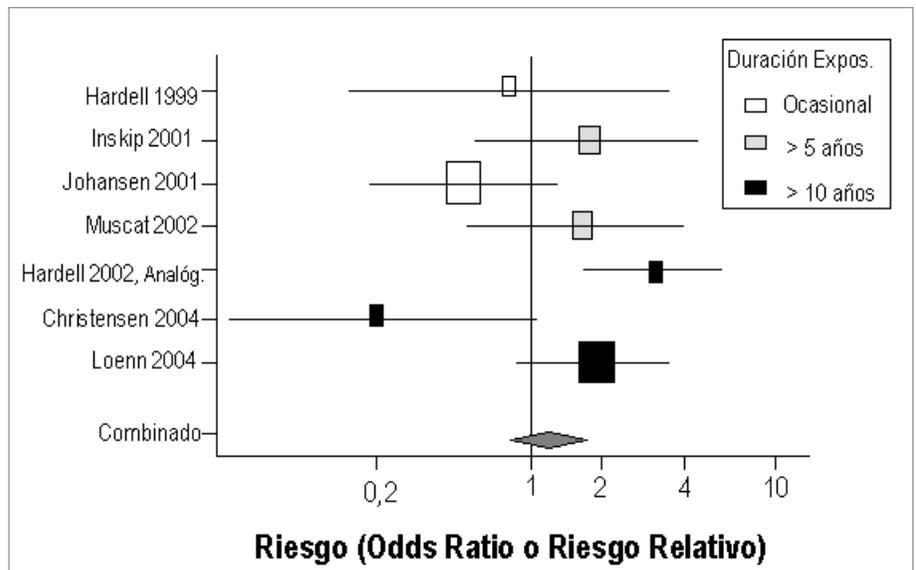


Figura 8: Incidencia de Neuroma Acústico en usuarios de teléfonos móviles (Analógico y GSM.): Se observa una tendencia de incremento en la incidencia de neuroma en sujetos con más de 10 años de uso de TM. En particular, para teléfonos analógicos [42], con un Odds Ratio de 3,5 (1,8-6,8).



autores de los estudios coinciden en señalar que sus conclusiones son parciales debido a limitaciones que incluyen el tamaño relativamente pequeño de las muestras, el periodo relativamente corto de uso del teléfono entre los individuos seleccionados (menos de 5 años en promedio) y el hecho de que la mayoría de los sujetos no hicieron un uso exhaustivo (en frecuencia y duración de las llamadas) de sus teléfonos. En uno de estos trabajos publicado en 2002 [42] se describe un estudio amplio sobre usuarios de teléfonos móviles que fueron diagnosticados de tumores cerebrales. En total, se estudiaron 1.429 casos y 1.470 controles. Los resultados muestran que los usuarios de teléfonos analógicos (modelos antiguos, 450-900 MHz) presentaban un incremento significativo ("odds ratio": OR 1,3) en la incidencia de tumores (Figura 7). La mayor incidencia se daba para tumores cerebrales en sujetos con más de 10 años de uso del teléfono (OR 1,8) y para neuromas de nervio acústico (tumores benignos) localizados en la región temporal del mismo lado del cerebro en el que se aplicaba el teléfono durante las comunicaciones (zona ipsilateral; OR 2,5). No se encontraron tendencias similares en usuarios de teléfonos digitales. La potencial relevancia de estos resultados es difícil de evaluar en el presente debido a la concurrencia de las siguientes circunstancias: 1) aunque la muestra poblacional es relativamente amplia, la potencia estadística de los datos es pobre y 2) la metodología empleada en el estudio sueco ha sido criticada por ser potencialmente

susceptible a artefactos por sesgo "de recuerdo" [43] [44].

Por consiguiente, en su conjunto, los estudios no muestran una incidencia elevada consistente de cánceres entre los usuarios de los teléfonos. Sin embargo, las limitaciones en la metodología epidemiológica de esos trabajos, algunos de los cuales no realizaron una correcta estimación de la exposición de los sujetos, aconseja la ejecución de investigaciones epidemiológicas más completas y extensas, (ver artículo de revisión [45]). En el presente, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer coordina un estudio epidemiológico que emplea un protocolo único y en el que participa un total de 13 países (Estudio Interphone), cuyos primeros datos ya han sido hechos públicos [40] [41] [46], y cuyos resultados definitivos se esperan para 2006. No obstante, una limitación seria para los nuevos estudios consiste en la dificultad de encontrar grupos suficientemente amplios de controles, no-usuarios de teléfonos móviles, que puedan ser comparados adecuadamente con la población expuesta.

Epidemiología del Cáncer en Grupos que Habitan en las Proximidades de Antenas Emisoras de Telefonía: Como vimos en el apartado correspondiente, los niveles de exposición a señales de telefonía para el público que vive cerca de antenas emisoras son muy bajos. Además, dadas las características del haz de emisión, no es posible establecer una relación general entre distancia emisor – vivienda y nivel de exposición. En estas condiciones, la correcta estimación

de la exposición en las proximidades de las antenas es extremadamente compleja y no permite establecer con suficiente exactitud las relaciones dosis – efecto necesarias en estudios epidemiológicos. En consecuencia, los datos que poseemos en la actualidad sobre epidemiología del cáncer en grupos expuestos a señales de telefonía corresponden principalmente a algunos "clusters"^{12 13}. La identificación de la existencia de clusters es un problema frecuente en salud pública, y en algunos cánceres como la leucemia, es conocida su tendencia a presentarse formando clusters.

Epidemiología del Cáncer Entre Poblaciones que Habitan en las Proximidades de Otras Fuentes Emisoras de Radioseñales (Radio, TV): La carencia de datos epidemiológicos en grupos expuestos a señales de telefonía móvil, ha llevado al estudio epidemiológico de muestras más amplias de personas que habitan cerca de otras fuentes de señales RF, tales como grandes emisoras de radio y televisión [47 - 50]. Esos trabajos también presentan limitaciones serias en cuanto al tamaño poblacional y a la posibilidad de estimación fiable de las exposiciones. Los estudios han sido revisados por Moulder [27]. Este autor concluye que "los estudios epidemiológicos sobre radiación RF no sugieren una asociación causal entre cáncer y exposición a las RF, pero los estudios son escasos y todos ellos presentan deficiencias en la cuantificación de la exposición". Blettner y Schlenhofer [51] y Blettner y Berg [52] llegaron a conclusiones similares después de revisar la

¹² Los clusters son agrupaciones de casos de una enfermedad determinada, dentro de un periodo de tiempo corto y en una zona geográfica restringida.

¹³ Ver conclusiones del Comité para el estudio del cluster encontrado en 2001 en el colegio García Quintana (Valladolid), publicadas en la página web de la Junta de Castilla y León: <<http://www.jcyl.es/jcyl-client/jcyl/csbs/dgsp>>

epidemiología de leucemia, tumores cerebrales y cáncer de pulmón en exposiciones ocupacionales a señales de radio, televisión, telefonía móvil y microondas. Estos autores encuentran que los riesgos relativos obtenidos son inconsistentes y no significativos, e indican que en la mayoría de los trabajos revisados no se consideraron factores de confusión ni se incluyeron análisis de relación dosis-respuesta.

Interacciones con Procesos que Intervienen en la Electrogénesis Cerebral: Estudios Experimentales en Voluntarios

En general, los estudios realizados hasta la fecha se han llevado a cabo sobre sujetos jóvenes, saludables, generalmente varones, expuestos a señales RF y de telefonía móvil durante períodos cortos de tiempo (horas) en ambientes controlados. La mayor parte de los trabajos han explorado la actividad electroencefalográfica (EEG) como posible traductora de potenciales cambios en el funcionamiento del sistema nervioso. Los resultados han mostrado respuestas relativamente inconsistentes y difíciles de interpretar desde el punto de vista de eventuales efectos sobre la salud. De hecho, en sujetos expuestos se han descrito posibles respuestas no térmicas, agudas y reversibles, que incluyen: incrementos de la actividad electroencefalográfica de frecuencias lentas [53], cambios ligeros en potenciales evocados auditivos o visuales, cambios en la duración de diversas fases del sueño, o mayor velocidad de respuesta en tests. Para una revisión en español de estas investigaciones, ver [54].

En su conjunto, los datos de que disponemos forman un bloque de eviden-

cia relativamente amplio, que parece indicar que las emisiones de los terminales podrían, en determinadas condiciones y sobre determinados sujetos, interactuar con algunos procesos electrogénicos cerebrales. Esta interpretación se ha visto respaldada parcialmente por resultados de estudios recientes in vivo [55]. Sin embargo, esa información no permite determinar si las variaciones detectadas en la actividad cerebral de voluntarios expuestos pueden suponer un riesgo para la salud, o si pueden influir de alguna forma en el comportamiento o en los niveles de capacidad cognitiva, en las tareas de memoria o en otras funciones [56 - 59]. Los datos tampoco proporcionan información sobre el origen de las respuestas, que podría estar en un efecto generado por pequeños cambios en la circulación sanguínea local [60] [61] o en una acción ejercida a través de neuromediadores químicos, o en una combinación de ambas causas. Aunque la modulación de la señal podría ser importante en la respuesta [62] [63], tampoco conocemos qué parámetros de la señal serían los presuntos responsables de las respuestas observadas. No sabemos cuál es el tiempo mínimo de exposición necesario para que se dé un efecto, ni si la repetición del estímulo podría ejercer alguna influencia, sea adaptativa o sensibilizadora.

Por todo lo expuesto, los datos no permiten predecir las consecuencias a largo plazo sobre la fisiología cerebral de la utilización continuada de teléfonos móviles [64]. Por una parte, los efectos observados, por su naturaleza y por su condición de transitorios, han sido interpretados como indicios de respuestas biológicas reflejas ante una excitación eléctrica, más que de efec-

tos nocivos capaces de provocar daños permanentes en la salud del usuario [63] [64]. Por otro lado, sabemos poco de los efectos de las exposiciones en sujetos débiles o en pacientes aquejados de trastornos del sueño, como la narcolepsia, de epilepsia o de desequilibrios hormonales [65] [66]. Solamente la obtención de información más completa permitirá saber si los efectos descritos aquí, a pesar de ser sutiles, reversibles y quedar siempre dentro del rango fisiológico, constituyen indicios de potenciales trastornos, o si nos encontramos simplemente ante respuestas de adaptación a un estímulo electromagnético, como ocurre en el caso de la contracción de la pupila al ser expuesto el ojo a una RNI intensa en el espectro de frecuencias visibles.

Efectos Neurológicos o Psicosociales Difíciles de Objetivar: Encuestas y Estudios Experimentales en Humanos

Estudios en Usuarios de Teléfonos Móviles: Se ha sugerido que el uso prolongado y frecuente del teléfono móvil podría provocar dolores de cabeza [67]. Así, diversos estudios basados en encuestas realizadas entre usuarios de teléfonos móviles han indicado que éste grupo presentaba un incremento en la proporción de sujetos que se declaran aquejados de molestias menores, incluyendo dolor de cabeza, fatiga y sensación de calor en la piel próxima al teléfono [68 - 75]. En su conjunto, estos resultados no se consideran concluyentes debido a diversas limitaciones metodológicas y a potenciales diferencias entre las muestras comparadas. De hecho, algunos estudios realizados entre voluntarios "hipersensibles", han revelado que



cuando el teléfono se empleaba en condiciones controladas y supervisadas, los síntomas referidos no se presentaron [76].

Encuestas en Grupos que Viven en las Proximidades de Estaciones Base de Telefonía.

Los resultados de algunos estudios recientes han sido presentados como demostrativos de que la exposición a señales GSM extremadamente débiles es causa de dolencias tales como insomnio, dolor de cabeza y depresión, todas ellas englobadas junto a otras dentro del denominado "síndrome de las microondas" (ver, por ejemplo, [77].) En general, la validez de los resultados de los citados trabajos ha sido cuestionada por la ausencia o insuficiencia de los necesarios datos dosimétricos, y por hacer uso de metodologías de recogida de datos susceptibles de generar sesgos estadísticos.

Conclusiones Sobre la Evidencia Reciente y los Límites de Exposición a Radioseñales

A partir del análisis de la información resumida anteriormente, el informe del Comité Científico Director de la UE (2002) [19] establecía que: "Para radiofrecuencias y microondas... no se ha obtenido evidencia de efectos cancerígenos en niños o adultos a partir de los estudios epidemiológicos" y "Tampoco un conjunto de observaciones relativamente amplio ha proporcionado evidencias de citotoxicidad extrapolables a la población humana como posible riesgo sanitario." De lo ante-

rior el Comité concluía que no existe evidencia suficiente para modificar los límites propuestos por la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la UE, vigente desde 1999. A similares conclusiones llega la OMS en sus documentos sobre CEM y Salud Pública <<http://www.who.int/>> y <<http://www.who.int/peh-emf>>, y en su comunicado del 23 de enero de 2002, "Champs électromagnétiques et santé publique – les téléphones mobiles et leur stations de base" [78].

En términos equivalentes se pronunció el grupo de expertos (CEIN) comisionado por el Ministerio de Sanidad y Consumo, en su última revisión de la evidencia reciente sobre los efectos de las RNI [20]: A la vista de la información analizada, "este Comité de Expertos Independientes coincide con otros comités internacionales [...] al concluir que el bloque de evidencia epidemiológica y experimental disponible en la actualidad sobre los efectos de los CEM, no justifica, por el momento, la adopción de límites de exposición distintos de los establecidos por el Real Decreto 1066/2001." En cualquier caso, "a la luz de los interrogantes todavía existentes y en consonancia con las conclusiones de los principales organismos nacionales e internacionales competentes, el CEIN considera que deben mantenerse abiertas las líneas de investigación sobre esta materia."

En lo que concierne específicamente a las exposiciones a señales de telefonía móvil, el consenso general avala el mantenimiento de los límites vigentes. Sin embargo, existen en el presente algunas discrepancias en la valoración

de la relevancia de la evidencia disponible. Así, un informe emitido en enero de 2005 un comité del National Radiation Protection Board del Reino Unido (NRPB) concluye que "en el presente no existen pruebas definitivas de que la salud de el público en general, esté siendo afectada negativamente por el uso de tecnologías relacionadas con telefonía móvil, pero las incertidumbres permanecen y se recomienda un enfoque continuado de precaución en su uso hasta que la situación sea aclarada." Como parte de ese enfoque cauteloso, el comité indica que "en ausencia de nuevas evidencias científicas, la recomendación en un informe anterior, sobre limitación del uso de teléfonos móviles por niños, sigue siendo apropiada como una medida de precaución¹⁴." Sin embargo, también en enero de 2005, la U.S. Food and Drug Administration publicó una declaración discrepante en parte de la evaluación del NRPB sobre la necesidad de precauciones especiales para los niños: "En lo concerniente al uso de teléfonos celulares por niños, las evidencias científicas no muestran un peligro para usuarios de dispositivos de comunicación inalámbricos incluyendo a los niños¹⁵."

ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A RNI AMBIENTALES

En las presentes circunstancias, el consenso general sobre el desarrollo de estrategias para prevención de riesgos persigue abordar los siguientes

¹⁴ Textos disponibles en: www.nrpb.org.

¹⁵ Texto disponible en: www.fda.gov/cellphones.

aspectos fundamentales: 1) Valoración y control de la exposición, a fin de que en ningún caso se sobrepasen los límites establecidos. 2) Fomentar la investigación dirigida a incrementar el bloque de evidencia en aspectos específicos de la respuesta a RNI en los que la información potencialmente relevante para la salud humana sea todavía insuficiente. 3) Permanente evaluación de la evidencia y adecuación de los límites de exposición a la información científica disponible. 4) Liberación frecuente de información actualizada sobre los avances logrados en las citadas estrategias.

Sin embargo, como hemos mencionado en apartados anteriores, la presente discusión científica en la materia ha sufrido una transferencia poco común desde los foros científico-académicos hacia círculos populares. Los medios de comunicación no especializados e Internet han ejercido una influencia decisiva en ese proceso de popularización. De ahí se ha derivado, entre otros efectos espurios, una aceptación generalizada de la idea de que las RNI ambientales débiles son nocivas y un deterioro de la confianza de los ciudadanos (ver el artículo que sigue al presente, por **A. Fernández** y **V. Guillem** [79]). Tal situación ha generado en determinados sectores de la población una alarma que tiene consecuencias muy adversas para las personas que la sufren. Hasta el presente, las estrategias de control y comunicación del riesgo desarrolladas por las autoridades responsables han tenido sólo un éxito modesto en la neutralización de la alarma y la desconfianza.

En las condiciones descritas, algunos expertos han argumentado que, de acuerdo con los criterios de la OMS, el término "salud" no puede ser defini-

do como la simple ausencia de enfermedad, sino como el sentimiento individual de bienestar. Según Leeka Kheifets (OMS) tal concepto representa un problema serio a la hora de abordar los temores de los individuos; estén o no basados esos temores en riesgos reales [80]. Como parte de su estrategia, asegura Kheifets, la OMS planea apoyar estudios epidemiológicos en grupos y lugares de interés. Asimismo, la OMS patrocinará reuniones científicas de expertos para discutir la pertinencia de adoptar (o adaptar) el Principio de Precaución ante exposiciones a RNI débiles, tomando en consideración la necesidad de respetar el principio de proporcionalidad entre riesgo y protección, que se aplica a todo agente ambiental físico o químico.

REFERENCIAS

1. Jiménez M. Dosimetría de campos electromagnéticos ambientales. *Radioprotección* 44; 2005 (en prensa.)
2. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields. *Health Physics* 74: 494-522; 1998.
3. EUC. European Union Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC), Official Journal of the European Communities, L 199/59,30-7-1999.
4. Real Decreto 1066/2001: 18256 por el que se aprueba el Reglamento que establece la protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. *Boletín Oficial del Estado* No. 234, 29 de septiembre: 36217-36227; 2001.
5. Comité de Representantes Permanentes del Consejo de la Unión Europea: Directiva del Parlamento y del Consejo sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos). *Diario Oficial de la Unión Europea* del 30.4.2004.
6. Hernando A. Conceptos físicos de las ondas y los campos electromagnéticos. En: P.

Gil-Loyzaga y A. Úbeda Eds: *Ondas Electromagnéticas y Salud Pública*. Col: Informes Sanitarios Siglo XXI, No. 1, Editorial SaluDigital; 2002.

7. EMF RAPID Program on Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power. Questions and Answers. Ed: National Institute of Environmental Health Sciences. National Institutes of Health; 2002.

8. Úbeda A. y col. Exposición ocupacional a campos magnéticos de frecuencia industrial en hospitales. *Radioprotección* 25: 30-36; 2000.

9. California EMF Program. An Evaluation of the Possible Risks from Electric and Magnetic Fields (EMFs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations and Appliances. California Department of Health Sciences Ed.; 2002. <<http://www.dhs.ca.gov>>

10. Greenland S. y col. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Childhood leukemia-EMF study group. Epidemiol.* 11: 624-34; 2000.

11. Ahlbom A. y col. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *Br. J. of Cancer* 83: 692-698; 2000.

12. Repacholi M.H., Kheifets L. WHO's assessment of the health effects from ELF exposure. En: *Biological Effects of EMFs, 2nd International Workshop*, P. Kostarakis Ed. 1: 225-230; 2002.

13. Pearson R.L. y col., Distance-weighted traffic density in proximity to a home is risk factor for leukemia and other childhood cancers. *J Air Waste Manage Assoc.* 50: 175-180; 2000.

14. International Agency for Research on Cancer, IARC, announcement of 5/12/2001, IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 80, Static and Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields, 19 - 26 June 2001. <http://monographs.iarc.fr/>

15. Gil-Loyzaga y Úbeda Eds. "Electromagnetic Waves and Health". Col: Informes Sanitarios Siglo XXI, Nº. 1, Ed. SaluDigital; 2002.

16. Bergqvist y Vogel Eds. Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. European Commission. DG V Employment, Industrial Relations and Social Affairs. *Public Health and Safety at Work*; 1997.

17. Eriksson N. y col. The psychosocial work environment and skin symptoms among visual display terminal workers: a case referent study. *Int. J. Epidemiol.* 26: 1250-1257; 1997

18. Study Review of Hypersensitivity of Human Subjects to Environmental Electric and Magnetic Field Exposure (Appendix 4) in: California EMF Program. An Evaluation of the



Possible Risks from Electric and Magnetic Fields (EMFs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations and Appliances. California Department of Health Sciences Ed.; 2002. <<http://www.dhs.ca.gov>>

19. Implementation report on the Council Recommendation limiting the public exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) Official Journal of the European Communities; 2002.

<http://europa.eu.int/commlhealth/ph/programmes/pollutionimplement_rep_en.pdf>

20. Evaluación actualizada de los campos electromagnéticos en relación con la salud pública: Informe Técnico del Comité de Expertos <<http://www.msc.es/salud/ambiental/home.htm>> Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, Dirección General de Salud Pública, Ministerio de Sanidad y Consumo; 2003.

21. Suggested voluntary policies that aim to cost-effectively reduce exposure to ELF fields: WHO Background; 2000.

<http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precavution.htm>

22. Llanos C. Medida de campos electromagnéticos próximos a líneas eléctricas de alta tensión. En: Gil-Lozaga y Ubeda Eds. Ondas Electromagnéticas y Salud Pública. Col: Informes Sanitarios Siglo XXI, No. 1, Editorial SaluDigital; 2002.

<www.sociedadmovil.com>

23. Cooper J. y col. Determination of safety distance limits for human near a cellular base station. Proceedings of the XXII BEMS-EBEA Meeting. Munich, pp 16-17; 2000

24. Neubauer C. Exposure next to base stations in Austria. Proceedings of the XXII BEMS-EBEA Meeting, Munich, pp 14-15; 2000.

25. Van Leeuwen G.M. y col., Calculation of change in brain temperatures due to exposure to a mobile phone. Phys. Med. Biol. 10: 2367-2379; 1999.

26. Belpoggi F. y col. Catania Resolution: International Conference "State of the Research on Electromagnetic Fields - Scientific Legal Issues", Catania (Italy) September 13th - 14th; 2002.

27. Moulder J.E. RF Radiation and Cancer. En: Gil-Lozaga y Ubeda Eds.: "Electromagnetic Waves and Health" Col: Informes Sanitarios Siglo XXI, No. 1, 2002. <www.sociedadmovil.com>

28. Leszczynski D. y col. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: Molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects. Differentiation 70:120-129; 2002.

29. Tice R.R. y col. Genotoxicity of radiofrequency signals. I. Investigation of DNA damage

and micronuclei induction in cultured human blood cells. Bioelectromagnetics 23:113-126; 2002.

30. Mashevich M. y col. Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability. Bioelectromagnetics 24:82-90; 2003

31. Repacholi M.H. y col. Lymphomas in Ep-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. Radiat. Res. 147:631-640; 1997.

32. Utteridge T.D. y col. Long-term exposure to Ep-Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. Radiat. Res. 158:357-364; 2002.

33. Adey W.R. y col. Spontaneous and nitrosourea-induced primary tumors of the central nervous system in Fischer 344 rats chronically exposed to 836 MHz modulated microwaves. Radiat. Res. 152:293-302; 1999.

34. Adey W.R. y col. Spontaneous and nitrosourea-induced primary tumors of the central nervous system in Fischer 344 rats exposed to frequency-modulated microwave fields. Cancer. Res. 60:1857-1863; 2000.

35. Hardell L. y col. Use of cellular telephones and the risk of brain tumors: a case-control study. Int. J. Oncol. 15, 113-116; 1999.

36. Muscat J.E. y col. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. JAMA 284:3001-3007; 2000.

37. Inskip P.D. y col. Cellular-telephone use and brain tumors. New Engl. J. Med. 344:79-86; 2001.

38. Johansen C. et al. Cellular telephones and cancer—a nationwide cohort study in Denmark. J. Natl. Cancer Inst. 93: 203-7; 2001.

39. Auvinen A. y col. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. Epidemiol. 13:356-9; 2002.

40. Christensen H.C. y col. Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. Am. J. Epidemiol. 159: 277-83; 2004.

41. Lönn S. y col. Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma. Epidemiol. 15: 653-9; 2004.

42. Hardell L. y col. Cellular and cordless telephones and the risk of brain tumours. Eur J Cancer Prev. 11:377-86; 2002.

43. Boice J.D., McLaughlin J. K. Epidemiologic Studies of Cellular Telephone Cancer Risk, A Review. Swedish Radiation Protection Authority, SSI Rapport: 16; 2002.

44. Cardis E. Kilkenny M. Exposure Metrics and Dosimetry for EMF Epidemiology. National Radiological Protection Board, Chilton, UK. 1999.

45. Ahlbom A. y col. Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health. Environmental Health Perspectives 112: 1741-1754; 2004.

46. Lönn S. y col. Long-term mobile phone use and brain tumor risk. Am. J. Epidemiol. 161: 526-35; 2005.

47. Dolk H. y col. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. Am. J. Epidemiol. I & II 145: 1-17; 1997.

48. Hocking B. y col. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. Medical Journal of Australia 165: 601-605; 1996.

49. Hocking B. y col. Decreased survival for childhood leukaemia in proximity to TV towers. Annual Scientific Meeting of the Royal Australian College of Physicians in Adelaide, SA, Australia; 2000.

50. Michelozzi P. y col. Leukemia mortality and incidence of infantile leukemia near the Vatican Radio Station of Rome. Epidemiol. Prev. 25:249-55; 2001.

51. Blettner M., Schlenhofer B. Is there an increased risk of leukemia, brain tumors or breast cancer after exposure to high-frequency radiation? Review of methods and results of epidemiologic studies. Med. Klin. 94:150-158; 1999.

52. Blettner M., Berg G. Are mobile phones harmful? Acta Oncol. 39: 927-930; 2000.

53. Huber R. y col. Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate. Bioelectromagnetics. 24: 262-76; 2003.

54. Gil-Lozaga P. EMFs and the physiology of the nervous system. In: Electromagnetic Waves and Health. Gil-Lozaga y Ubeda Eds.; 2002 <www.sociedadmovil.com>

55. Beasond R.C. y Semm P. Responses of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus. Neuroscience Letters 333: 175-178; 2002.

56. Eulitz C. y col., Mobile phones modulate response patterns of human brain activity. NeuroReport 9: 3229-3232; 1998.

57. Koivisto M. y col. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. Neuroreport 11: 1641-413; 2000.

58. Koivisto M. y col. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. Neuroreport 11: 413-415; 2000.

59. Preece A.W. y col. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. Int. J. Radiat. Biol. 75: 447-456; 1999.

60. Huber R. y col. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and

waking EEG. *J. Sleep Res.* 11:289-295; 2002.

61. Krause C.M. y col. Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during a memory task. *Neuroreport* 11: 761-764; 2000.

62. Huber R. y col. Exposure to pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields affects regional cerebral blood flow. *Eur. J. Neurosci.* 21: 1000-1006; 2005.

63. De Seze R. Elaboration d'une strategie d'évaluation des risques pour la santé liés aux champs électromagnétiques, Partie 2 Exemple des Radiotéléphones. Notes scientifiques et techniques de l'INRS N°186 ed INRS Paris ; 2000.

64. Miró L. Los teléfonos móviles: ¿Un posible riesgo sanitario? En: *Salud y Ondas Electromagnéticas. Segundo Ciclo de Primavera de la Salud.* Ed. P. Gil-Loyzaga. Fundación Complutense. Madrid; 2002.

65. Jech R. et al. Electromagnetic field of mobile phones affects visual events related potentials in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 22: 519-528; 2001.

66. Burch J.B. y col. Melatonin metabolite excretion among cellular telephone users. *Int. J. Radiat. Biol.* 78:1029-36; 2002.

67. Frey A. Headaches from cellular telephones: Are they real and what are the implications? *Environmental Health Perspectives* 106: 101-103; 1998.

68. Hocking B. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup. Med.* 6: 357-60; 1998.

69. Hocking B. Symptoms associated with mobile phone use: addendum. *Occup. Med.* 7: 472; 1998.

70. Mild K.H. y col. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. Investigation report No 1998:23, National Institute of Working Life, Solna, Sweden,. ISSN 1401-2928; 1998.

71. Chia S.E. y col. Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A Community Study. *Environmental Health Perspectives* 108:1059-1062; 2000.

72. Santini R. y col. Symptons rapportes par des utilisateurs de telephones mobiles cellulaires. *Path. Biol.* 49: 222-226; 2001.

73. Santini R. y col. Symptons experienced by users of digital cellular phones: a study of a French engineering school. *Electromagnetic Biology and Medicine* 21: 81-88; 2002.

74. Kimata H. Enhancement of allergic skin wheal responses by microwave radiation from mobile phones in patients with atopic eczema/dermatitis syndrome. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 129:348-50; 2002.

75. Sandström M. y col. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup. Med.* 51: 25-35; 2001.

76. Hietanen M., Hamalainen A.M. Provocative testing of hypersensitivity to cellular phones. Proceedings of the XXII BEMS-EBEA Meeting, Munich, pp. 91; 2000.

77. Santini R. et al. Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations. I: Influences of distance and sex. *Pathol. Biol.* 50: 369-373; 2002.

78. WHO: Documents on EMF and Public Health; 2002. <<http://www.who.int/peh-emf>>

79. Fernández A., Guillem V. CEM y salud: información y percepción de riesgo en la población española *Radioprotección* 44; 2005 (en prensa.)

80. Kheifets L. Communication at the Mobile Telecommunications Health Research (MTHR) Meeting, London, Nov. 11/12; 2002.

Campos electromagnéticos y salud: información y percepción del riesgo en la población española

A. Fernández, V. Guillem

Asociación Española Contra el Cáncer

RESUMEN

Desconocemos el grado de información que posee la población española acerca de lo que son los campos electromagnéticos (CEM) y carecemos de datos sobre la percepción del público en relación con los riesgos derivados de la exposición a diferentes fuentes emisoras de radiación no ionizante. Con el fin de explorar ambas cuestiones se llevó a cabo el presente estudio preliminar cuyos objetivos son: conocer lo que la población española manifiesta saber sobre los CEM, explorar la percepción de riesgo para la salud asociada a la exposición a diferentes fuentes domésticas de radiación no ionizante, y determinar la percepción de riesgo acerca de la telefonía móvil en particular. La metodología aplicada consistió en una entrevista telefónica semiestructurada de 13 preguntas sobre una muestra aleatoria estratificada de 801 adultos. Los resultados revelaron que el 69% de la muestra manifestaba un total desconocimiento sobre los CEM. La mayoría de los encuestados (88,9%) mencionó que tenía poca o ninguna información acerca de los efectos de los CEM sobre la salud. Comparando la percepción de riesgo derivado de la exposición a distintas fuentes de radiación no-ionizante presentes en los hogares, los teléfonos móviles y los hornos microondas se asociaban a un mayor riesgo de problemas de salud que la TV o el ordenador. De aquellas personas que pensaban que estos aparatos suponen un riesgo para la salud, el 40,7% lo asociaban con cáncer. Vivir cerca de antenas de telefonía móvil suponía un riesgo para la salud para el 52,1%, asociado principalmente a cáncer. Se observaron diferencias de género en la percepción de riesgo.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años hemos asistido a la proliferación de noticias en los medios de comunicación acerca de los

posibles riesgos para nuestra salud de la exposición a emisiones de radiación no ionizante.

Gran parte de estas noticias se centran en la tecnología de más reciente

ABSTRACT

There is a lack of knowledge about both the information the general population in Spain has on electromagnetic fields (EMF) and the public risk perception regarding the exposure to non-ionizing EMF emitting sources. The aims of the present preliminary survey were to assess what the Spanish population knew about EMF, to explore their health risk perception associated with the exposure to commonly used sources of non-ionizing radiation; and to know their risk perception regarding cell towers. A total number of 801 adult participants, randomly selected, answered a telephone interview based on a 13-item semi-structured questionnaire. Sixty-nine per cent of the interviewees reported having no knowledge about electromagnetic fields. Up to 88.9% mentioned to have a little or no information at all on the health effects of EMF. Comparing risk perception regarding several commonly used devices, mobile telephones and microwave ovens were associated with a higher health risk than TV and computers. Of those who believed that the devices mentioned were linked with health problems, 40.7% associated them with cancer. Regarding base stations, 52.1% of the sample envisioned such sources as a health risk, and of those who believed so, the majority linked the proximity of base stations with cancer. Gender differences were observed in risk perception.

aparición, es decir, la relacionada con la telefonía móvil y en concreto en quejas de personas que atribuyen enfermedades como dolores de cabeza, insomnio e incluso cáncer, a la exposición a

Tabla I. Características de la muestra.

MUESTRA (n=801)	n	%
Sexo		
Varones	390	48,7
Mujeres	411	51,3
Edad		
18-33	305	38,1
34-49	278	34,7
50-65	218	27,2
Nivel educativo		
Sin estudios	25	3,0
Primaria	306	38,2
Secundaria	244	30,5
Universidad	215	26,9
No sabe/No contesta	11	1,4
Proximidad a una estación base		
Sí	195	24,3
No	523	65,3
No sabe	83	10,4
Habitat		
≤10.000 habitantes (62 localidades)	197	24,6
10.0001-20.000 id. (25 id.)	89	11,1
20.0001-50.000 id. (25 id.)	108	13,5
50.001-100.000 id. (19 id.)	76	9,5
100.001-500.000 id. (26 id.)	188	23,55
500.001-1 millón id. (4 id.)	51	6,4
>1 millón (2 id.)	92	11,5

las emisiones de los dispositivos relacionados con dicha tecnología.

Si bien, la falta de estudios acerca de lo que la población española realmente conoce sobre los campos electromagnéticos no ionizantes (CEM) y de los posibles efectos de éstos sobre la salud, hace que no dispongamos de datos sobre la magnitud real y las características de las preocupaciones recogidas por los medios de comunicación.

Con el fin de conocer el alcance de la inquietud que existe entre la población española sobre este tema y el grado de información que posee, se diseña este estudio preliminar cuyos objetivos son:

- Conocer la información que la población española tiene acerca de los campos electromagnéticos en general, y de su relación con la salud y con el cáncer en particular.

- Explorar la opinión de la población acerca del grado de información que recibe a través de diferentes medios sobre la relación entre los CEM y la salud.

- Evaluar la percepción que tiene la población del riesgo que supone para la salud la exposición a aparatos del entorno doméstico que generan emisiones de radiación no ionizante.

- Conocer con qué tipo de problemas de salud se asocia la exposición a este tipo de emisiones.

- Obtener información acerca de la actitud de la población ante la instalación de estaciones base de telefonía móvil próximas a su domicilio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una encuesta telefónica asistida por ordenador sobre una muestra aleatoria estratificada por sexo y edad en función de la intersección del tamaño poblacional de la localidad/región proporcional a la población universo (población española entre 18 y 65 años de edad según datos del Instituto Nacional de Estadística) [1].

Se asumieron criterios de muestreo aleatorio simple, nivel de confianza del 95,5%, en la hipótesis más desfavorable ($p=q=50$), siendo el error muestral de $\pm 3,5\%$. Para alcanzar estos criterios se estimó un número de al menos 800 entrevistas válidas para lo cual fue necesario realizar 2.542 llamadas telefónicas; de las cuales 482 no cumplían los criterios de edad, 254 no eran domicilios particulares, 1005 rechazaron la entrevista, 801 fueron entrevistas válidas. La tasa de respuesta es del 44,35%, encontrándose dentro de la ratio habitual en nuestro país para este tipo de metodología (comunicación personal, TNS-Demoscopia, 2005). Las características demográficas de la muestra presentan una distribución porcentual balanceada como se puede observar en la tabla I.

La entrevista se basó en un cuestionario semi-estructurado de 13 preguntas realizado *ad hoc* (ver anexo 1), comenzando por preguntas abiertas, sin indicación alguna de opciones de respuesta, con el fin de recoger las contestaciones espontáneas



de los entrevistados, para posteriormente ir avanzando en la concreción tanto de la pregunta como de las opciones de respuesta para obtener mayor exactitud en la medida cuantitativa de las variables.

Se realizó un análisis descriptivo de los datos mediante tabulaciones cruzadas y prueba chi-cuadrado utilizando los programas STAR y SPSS PC+ vers. 11.0. El estudio fue realizado en enero de 2004.

RESULTADOS

Información sobre los Campos electromagnéticos y las antenas de telefonía móvil

La encuesta se inicia realizando una pregunta abierta acerca de la información que los entrevistados tenían sobre los CEM. A este respecto, el 69,4% de las personas consultadas manifestó no tener ningún conocimiento sobre este tema. El resto dio respuestas diversas y múltiples entre las que destacan: el 15,4% relaciona los CEM con problemas para la salud, el 7% con diferentes aparatos que emiten radiaciones, el 3,5% contestó que no está demostrado que perjudiquen la salud, el 2,7% mencionó imanes/energía, el 2,6% que producían cáncer, y el 2% diferentes respuestas aglutinadas en la categoría "otros" (1% no contestó) (datos no mostrados en tabla).

A continuación y también con formato abierto, se preguntó acerca de la información que los entrevistados tenían sobre las antenas de telefonía móvil: el 33,2% manifestaron que eran perjudiciales para la salud, 13,7% mencionaron las noticias aparecidas en los medios de comunicación sobre polémicas acerca del efecto que ejercen

ANEXO 1 – Cuestionario.

1. Por lo que usted haya leído u oído, ¿qué información tiene acerca de los campos electromagnéticos?
2. ¿Y acerca de las antenas de telefonía móvil?
3. De los siguientes equipamientos, dígame por favor de cuáles dispone en su hogar: Televisor, Ordenador, Teléfono móvil, Microondas.
4. ¿Y diría usted que el tener... (cada uno de los equipamientos mencionados) entraña algún riesgo para la salud?

Sí No No sabe (NS) No contesta(NC)



5. ¿Qué tipo de problemas de salud cree usted que supone la exposición a este tipo de aparatos?

6. Y cerca de su casa, ¿hay alguna instalación de antenas de telefonía móvil?

Sí, No, NS, NC.

7. ¿Diría usted que el tener antenas de telefonía móvil cerca de su hogar entraña algún riesgo para la salud?

Sí, No, NS, NC.



8. ¿Qué tipo de problemas de salud supone la cercanía de instalaciones de antenas de telefonía móvil?

9. A continuación le voy a mencionar una serie de problemas de salud, dígame, por favor para cada uno de ellos, si piensa usted que pueden ser consecuencia de la exposición a este tipo de aparatos y antenas de telefonía:

Sí, No, NS, NC.

- Dolor de cabeza
- Insomnio
- Alteraciones del comportamiento
- Cáncer
- Leucemia infantil
- Alergias
- Malformaciones congénitas

10. ¿Qué opina con respecto a la instalación de antenas de telefonía móvil cerca de su domicilio?

Esta de acuerdo – Ni de acuerdo ni en desacuerdo – Está en desacuerdo – NS – NC.

11. Diría usted que con respecto al efecto que la exposición a los campos electromagnéticos tiene sobre la salud se siente: Muy informado – Bastante informado – Poco informado – Nada informado – NS – NC.

12. A continuación, dígame en qué medida (mucho, bastante, poco o nada) cree que proporcionan información sobre este tema (el efecto de la exposición a los campos electromagnéticos sobre la salud), los siguientes medios de comunicación y entidades: televisión, prensa, radio, ayuntamientos, centros de salud, asociaciones de consumidores y usuarios.

13. Últimamente han surgido distintas opiniones con respecto a la relación entre los campos electromagnéticos y la salud, de manera que hay gente que opina que la exposición a los campos electromagnéticos puede perjudicar seriamente la salud y está relacionada con el cáncer y por el contrario, otras personas opinan que la exposición a dichos campos no entraña ningún riesgo para la salud. ¿Con cuál de estas opiniones estaría usted más de acuerdo?

a) La exposición a los campos electromagnéticos puede perjudicar seriamente la salud y está relacionada con el cáncer.

b) La exposición a los campos electromagnéticos no entraña ningún riesgo para la salud.

en la salud, 11,5% que producen cáncer, 1,7% las relacionaban con radiaciones y el 38,3% manifestó no saber nada acerca del tema; el resto dieron respuestas heterogéneas calificadas como "otros" (datos no mostrados en tabla).

Dos preguntas del cuestionario abordaron el grado en que los encuestados se sentían informados acerca del efecto de la exposición a CEM sobre la salud y su opinión acerca de la cantidad de información que sobre este tema ofrecían diferentes medios. El 88,9% de los entrevistados se siente poco o nada informado al respecto, en el otro extremo, el 10,4% manifiesta estar bastante o muy informado y el 0,8% no sabe/no contesta. En general, la mayoría de los entrevistados opinaron que los diferentes medios y entidades valoradas proporcionan poca o ninguna información acerca del efecto de la exposición a los CEM sobre la salud. La prensa (21,5%), las asociaciones de consumidores (20,6%) y la radio (19,8%) son los medios que alcanzan un mayor porcentaje de personas que consideran que ofrecen mucha o bastante información al respecto (Figura 1).

Fuentes emisoras de radiación no ionizante y percepción de riesgo para la salud

a) *Aparatos de uso doméstico: televisor, ordenador, teléfono móvil, y horno microondas.*

Prácticamente todos los entrevistados (99,8%) tenían televisión en su hogar, el 89,6% disponía de teléfono móvil, el 68,4% de ordenador personal, y el 83,6% contaba con un horno microondas. Al preguntar, con relación cada

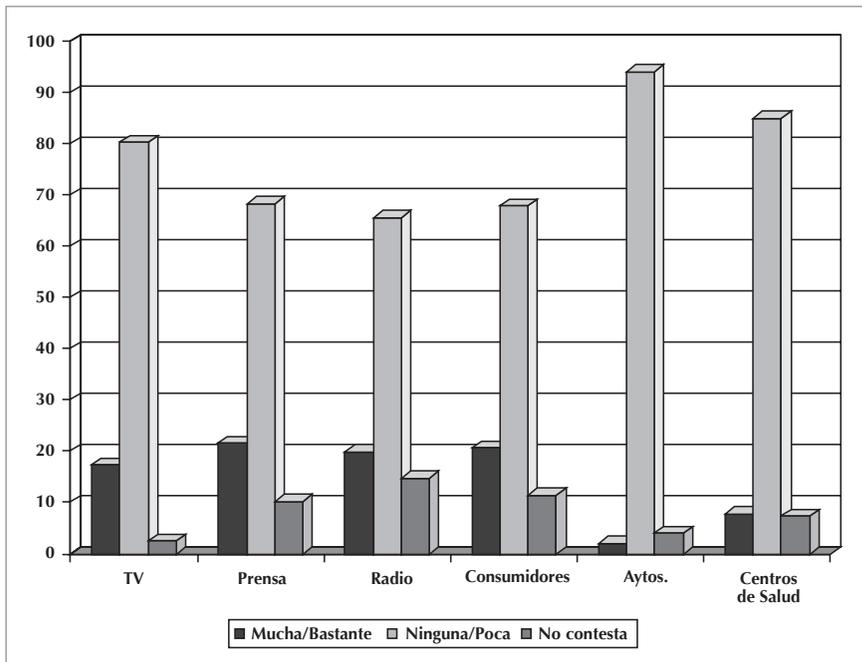


Figura 1. Opinión sobre la cantidad de información ofrecida por diferentes fuentes acerca del efecto sobre la salud de la exposición a los campos electromagnéticos.

uno de los aparatos mencionados, si creían que entrañaban algún riesgo para la salud, los teléfonos móviles y los hornos microondas fueron los que más personas consideraban como riesgo para la salud, 48,1% y 47,6% respectivamente, frente al televisor (25,5%) y el ordenador (37,2%) (tabla II).

El análisis comparativo en función del género señaló que las mujeres percibían la exposición al horno microondas y a los teléfonos móviles como un riesgo para la salud en un porcentaje significativamente mayor que los hombres (horno microondas 55,2% vs. 39,5%, $p < 0,005$; teléfono móvil 54,3% vs. 41,5%, $p < 0,005$).

A aquellos que manifestaron que la exposición a alguno de los aparatos mencionados suponía riesgo para la salud (516), se les preguntó acerca de qué tipo de problemas de salud creían que suponía dicha exposición. Las respuestas a esta cuestión se aglutinaron

en tres patologías: 40,7% cáncer, 14,5% dolor de cabeza, 10,5% problemas de visión. En la tabla III se recoge el detalle de las respuestas obtenidas.

b) *Estaciones base de telefonía móvil*

Sólo 195 (24,3%) de los entrevistados manifestaron que tenían una antena de telefonía móvil cerca de su vivienda, 83 (10,4%) no sabía y 523 (65,3%) no residían cerca de ninguna instalación de este tipo. La interpretación del concepto de cercanía se dejó a la consideración subjetiva de cada entrevistado.

Los participantes que vivían cerca de una antena de telefonía móvil contestaron a la primera pregunta de la entrevista (Item 1. ¿Qué información tiene acerca de los campos electromagnéticos?) en un porcentaje significativamente mayor que los que no vivían



Tabla II. Percepción de riesgo sobre aparatos de uso doméstico.

Item 4. ¿Usted diría que tener estos aparatos entraña algún riesgo para la salud?

	n (%)
TV (99,8% tenía televisión)	
Sí	204 (25,5)
No	504 (62,9)
No sabe/No contesta	93 (11,6)
Teléfono móvil (89,6% tenía teléfono móvil)	
Sí	385 (48,1)
No	299 (37,3)
No sabe /No contesta	117 (14,6)
Horno microondas (83,6% lo tenía)	
Sí	381 (47,6)
No	312 (39,0)
No sabe/No contesta	108 (13,5)
Ordenador (68,4% lo tenía)	
Sí	298 (37,2)
No	372 (46,4)
No sabe/No contesta	131 (16,4)

cerca, que los CEM son perjudiciales para la salud (20% vs 13,8%, $p>0,05$). Pero cuando se les preguntó

a todos los entrevistados específicamente si creían que tener antenas de este tipo cerca de su hogar entrañaba algún riesgo par la salud, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos; en ambos casos, más del 50% de la muestra opinaba que sí entrañaba algún riesgo (datos no mostrados en tabla).

De aquellos entrevistados que consideraban el hecho de tener una estación base de telefonía móvil cerca de su casa como un riesgo para la salud (417), el 56,6% lo relacionaba con la aparición de una enfermedad oncológica (tabla III). Del resto de la muestra (384), el 21,8% consideraban que tener antenas de telefonía móvil cerca de su casa no entrañaba riesgo para la salud y el 26,1% no sabía o no contestó a esta pregunta. Las mujeres percibían el vivir cerca de una antena de este tipo como un riesgo para la salud en un porcentaje significativamente mayor que los hombres (58,2% vs. 45,6%; $p<0,005$). La mayoría de las mujeres no vivían cerca de una antena (66,43% No, 20,43% Sí, y 13,14% No sabía).

Los resultados del estudio mostraron, además, la existencia de una actitud negativa hacia la instalación de estas antenas cerca de la residencia de los encuestados; el 66% de la muestra se manifestó en contra de tener estas instalaciones en las proximidades de su hogar, el 15,2% se pronunció a favor, y el 14,5% no estaba ni de acuerdo ni en desacuerdo (4,1% no contestó a esta pregunta).

c) Enfermedades asociadas a la exposición a CEM

Una de las preguntas del cuestionario solicitó la opinión de los encuestados acerca de un listado de enfermedades y su posible relación con la exposición a las emisiones de los electrodomésticos mencionados en apartados anteriores y de las antenas de telefonía móvil. Sobre este particular, la cefalea fue la patología que un mayor porcentaje de personas (68,9%) asoció con la exposición a estos dispositivos, seguido del cáncer (58,9%), insomnio (47,8%), alteraciones del comportamiento (41,3%), leucemia infantil (39,6%),

Tabla III. Problemas de salud asociados a diferentes fuentes de emisiones no-ionizantes (respuestas espontáneas).

¿Qué tipo de problemas de salud cree usted que supone la exposición a este tipo de aparatos (Tabla II)?		¿Qué tipo de problemas de salud supone la cercanía de antenas de telefonía móvil?	
n= 516		n=417	
Respuesta	n(%)	Respuesta	n(%)
Cáncer	40,7	Cáncer	56,6
Dolor de cabeza	14,5	Dolor de cabeza	12,9
Problemas visuales	10,5		
Daños cerebrales	5,9		
Alteraciones del comportamiento	4,3	Alteraciones del comportamiento	6,0
Problemas cardíacos	4,3		
Trastornos emocionales	3,7	Trastornos emocionales	3,4
Insomnio	2,5	Insomnio	6,0
Otros	7,9	Otros	8,6
No sabe/No contesta	29,1	No sabe/No contesta	29,7

malformaciones congénitas (35,6%) y alergias (15,6%) (datos no mostrados en tabla).

Finalmente, se les pedía optar por uno de los dos enunciados siguientes:

a) La exposición a los campos electromagnéticos puede perjudicar seriamente la salud y está relacionada con el cáncer.

b) La exposición a los campos electromagnéticos no entraña ningún riesgo para la salud.

Más de la mitad de la muestra (63,7%) eligió la opción a), el 19,1% la opción b) y el 17,3% no se decantó por ninguna de las dos.

El análisis comparativo en función de la edad, nivel educativo no mostró diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas.

DISCUSIÓN

Uno de los resultados más interesantes de este estudio es la diferencia observada en la percepción de riesgo entre las mujeres y los hombres; las mujeres percibían que la exposición a estaciones base de telefonía móvil, teléfonos móviles y hornos microondas podrían entrañar algún riesgo para la salud en una proporción significativamente mayor que los varones. Este resultado concuerda con los hallados en estudios que han explorado la influencia de variables como el género, la edad o la clase social en la percepción de riesgo [2, 3], si bien, en cuanto a la edad, en el presente estudio no se hallaron diferencias significativas entre los grupos. Existen investigaciones que han mostrado además, que las mujeres manifiestan más quejas y refie-

ren más síntomas relacionados con la exposición a campos electromagnéticos que los hombres [4-6]. Estos resultados sugieren que las diferencias de género en cuanto a la percepción de riesgo para la salud han de contemplarse a la hora de diseñar programas y materiales educativos e informativos sobre los efectos de las radiaciones no ionizantes en la salud dirigidos a la población general.

Otro de los elementos a destacar de los resultados obtenidos es el hecho de que a pesar de que aproximadamente la mitad de los entrevistados perciben el teléfono móvil como un riesgo potencial para la salud, existe un uso prácticamente universal del mismo entre las personas consultadas. Si bien, el elemento tecnológicamente complementario, las estaciones base de telefonía móvil, sufre un amplio rechazo por más de la mitad de los individuos, no deseando que sean colocadas en las proximidades de sus domicilios.

Esta aparente paradoja puede ser explicada en el contexto de las variables que modulan la percepción del riesgo, especialmente en cuanto a las fuentes emisoras de campos electromagnéticos [7]. La conjunción de aspectos como la exposición voluntaria (teléfono móvil) o involuntaria (estaciones base), sentimiento de control o no de la situación (ej. ubicación de las antenas), desconocimiento o dificultad para comprender la tecnología, conocimiento científico incompleto acerca de los potenciales efectos sobre la salud de esta tecnología, y el temor a enfermedades como el cáncer, lleva a la persona a catalogar el riesgo como insignificante, aceptable, tolerable o intolerable y, al compararlo con las ventajas que le ofrece la exposición a ese riesgo concreto, a actuar en conse-

cuencia. Es necesario profundizar en el análisis de estas variables en la población española con el fin de poder conocer, de manera más exacta, el grado de riesgo que se atribuye a diferentes fuentes emisoras de CEM, los hábitos de uso de dichas fuentes, el tipo de comportamientos de protección frente al riesgo percibido, y otros elementos como la percepción de control sobre el riesgo.

El desconocimiento acerca de lo que son los CEM, de cómo funcionan las nuevas tecnologías disponibles, así como el impacto de las noticias publicadas en los medios de comunicación podrían ser explicaciones verosímiles para la asociación que la población establece entre la exposición a los CEM y riesgos para la salud. Las noticias, en algunos casos sensacionalistas, y las alertas presentadas a través de los medios de comunicación han sido mucho más eficaces a la hora de llegar al gran público que las entidades y organismos expertos en este tema.

Las autoridades españolas han realizado algunas acciones destinadas a mejorar esta situación de desconocimiento generalizado por medio de la edición de folletos [8], informes de expertos [9,10], y medidas legislativas [11,12]. Pero a pesar del esfuerzo de las instituciones públicas y las organizaciones de consumidores [13] para ofrecer información sobre los CEM y su efecto en la salud, la población manifiesta no tener información sobre el tema y las dudas persisten.

Está claro que los mensajes alarmistas son más potentes que los mensajes meramente informativos o tranquilizadores [14]. Teniendo esto en cuenta, si cuando el público no tiene información acerca de un peligro potencial confía



en lo que reciben de las autoridades a la hora de valorar riesgos y beneficios, como muestran Siegrist y Cvetkovich en sus estudios [15], entonces las autoridades españolas parecen estar perdiendo la batalla. Es necesaria mayor investigación acerca de lo que esperan los ciudadanos de las autoridades en este tema, así como evaluar el impacto de las medidas informativas sobre la percepción del riesgo en la población. Es necesario explorar las necesidades informativas y las preocupaciones de la población acerca de la exposición a fuentes de emisiones no ionizantes con el fin de poder diseñar políticas multisectoriales eficaces para el abordaje de la percepción de los riesgos para la salud de dichas emisiones por parte de la población.

Además de las líneas de estudio mencionadas en párrafos anteriores, los presentes resultados preliminares indican que se ha de profundizar en posteriores investigaciones en el análisis de diferencias de percepción en función del género y de otras variables socio-demográficas no contempladas aquí, como el lugar de residencia (rural/urbano) o la clase social. Nuevos estudios deberán ampliar los presentes datos preliminares mediante el uso de muestras de mayor tamaño, lo que permitirá detectar con más precisión la potencial influencia de la edad, el sexo y otras variables sociodemográficas en los resultados. Asimismo, será conveniente establecer con exactitud el perfil de aquellos sujetos que deciden no contestar a la entrevista ya que es posible que ese grupo presente características específicas que han de ser tenidas en cuenta para la correcta interpretación de los resultados [16].

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio, primero de sus características en España, nos han mostrado los siguientes elementos:

- La población española no dispone de información clara acerca de lo que son los campos electromagnéticos o radiaciones no ionizantes y de su potencial impacto en la salud.
- El riesgo percibido no disuade a los ciudadanos de la utilización casi universal de los equipos generadores de las emisiones percibidas como nocivas.
- Cáncer, dolor de cabeza, insomnio y problemas oculares son las patologías que la población más asocia con la exposición a campos electromagnéticos.
- Existe una actitud claramente negativa hacia la instalación de estaciones base de telefonía móvil en las proximidades de los domicilios.
- La prensa, las asociaciones de consumidores y los programas de radio son las fuentes de información principales sobre este tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Padrón municipal: cifras oficiales de población. Base de datos del Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es/inebase/> (consultada 03-Enero- 2004).
2. Hutter H.P., Moshammer H., Wallner P., Kundi M. Public perception of risk concerning celltowers and mobile phones. *Soz Praeventivmed* 49 (1): 62-6; 2004. (Abstract)
3. Satterfield T.A., Mertz C.K., Slovic P. Discrimination, vulnerability, and justice in the face of risk. *Risk Anal* 24 (1): 115-29; 2004.
4. Hillert L., Berglind N., Arnetz B.B., Bellander T. Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand J Work Environ Health* 28 (1): 33-41; 2002.
5. Frick U., Rehm J., Eichhammer P. Risk perception, somatization, and self report of complaints related to electromagnetic fields – A randomised survey study. In *J Hyg Environ Health* 205: 353-360; 2002.

6. Roosli M., Moser M., Baldini Y., Meier M., Braun-Fahrlander C. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure – a questionnaire survey. In *J Hyg Environ Health* 207 (2): 141-50; 2004.

7. World Health Organisation (WHO). Electromagnetic fields and public health. Public perceptions of EMF risks. WHO Fact sheet n.184, 1998.

http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/efact/efs184.html (consultado 10-Marzo-2004).

8. Museos Científicos Coruñeses. Antenas y Salud. Monografías de Comunicación Científica. La Coruña: Ayuntamiento de La Coruña, 2002.

9. Vargas F., Úbeda A. Informe técnico sobre Campos electromagnéticos y Salud. Madrid: Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral del Ministerio de Sanidad y Consumo, 2001.

10. Marqués F., Úbeda A. Evaluación actualizada de los campos electromagnéticos en relación con la salud pública. Madrid: Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral del Ministerio de Sanidad y Consumo, 2003.

11. Ministerio de Ciencia y Tecnología - Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnología de la Información. Informe sobre la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de estaciones de radio-comunicación. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003.

12. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. *Boletín Oficial del Estado* 234, de 29 de septiembre: 36217-27; 2001.

13. Organización de Consumidores y Usuarios (OCU). Las ondas electromagnéticas. La salud, ¿amenazada?. *OCU-Salud* 47: 17-20; 2003.

14. Wiedemann P. EMF Risk communication: Opportunities and Pitfalls. Proceedings of the International Seminar on Electromagnetic Fields, Mobile Phones and Health. Madrid, 19 de abril 2004. Madrid: Asociación Española Contra el Cáncer, 2004.

<http://www.todocancer.org/NR/rdonlyres/D0E665F-33BA-4E22-9B39-5074AA1C3214/0/Wiedemann.PDF> (consultado 25-Abril- 2004).

15. Siegrist M., Cvetkovich G. Perception of hazards: the role of social trust and knowledge. *Risk Anal* 20(5): 713-9; 2000.

16. Sánchez Carrión J.J. La bondad de la encuesta: el caso de la no respuesta. Madrid: Alianza Editorial (colección Ciencias Sociales), 2000.

CONCLUSIONES DE LA JORNADA CIENTÍFICA SOBRE

“Protección ante radiaciones no ionizantes: Mitos y Realidades. Espectro, Normativa y Protección”

Alejandro Úbeda
Coordinador de la Jornada

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas en la Jornada científica sobre “Protección ante radiaciones no ionizantes: Mitos y Realidades. Espectro, Normativa y Protección”. Dichas conclusiones ya fueron publicadas en el Nº 43 de Radioprotección, pero teniendo en cuenta que el presente número de la revista es monográfico sobre las ponencias de dichas Jornadas, se ha considerado oportuno volverlas a publicar.

Conclusiones de la jornada

1.- El conjunto de la evidencia disponible indica que los niveles de seguridad establecidos por ICNIRP, por la Unión Europea y por varios países o estados, como es el caso de España, contribuyen a salvaguardar la salud de los ciudadanos ante exposiciones residenciales u ocupacionales a campos electromagnéticos intensos. De acuerdo con esas agencias y comisiones internacionales, los actuales conocimientos de la física de la materia viva y el conjunto de la evidencia científica de la que disponemos no han aportado pruebas consistentes de la existencia de peligros para la población general derivados de exposiciones a campos de potencias o intensidades débiles, propias de ambientes residenciales u ocupacionales típicos.

2.- Las campañas de dosimetrías de RNI ambientales realizadas en España muestran que, en términos generales, los límites de exposición se cumplen holgadamente, tanto en ambientes residenciales como ocupacionales. Algunos trabajadores en ambientes muy específicos de la industria o de la sanidad pueden verse expuestos a niveles próximos a los límites. En estos casos se recomienda la minimización técnica de las exposiciones y la vigilancia sanitaria de los trabajadores.

3.- Los portadores de dispositivos implantables activos deben estar informados de las circunstancias en las cuales el correcto funcionamiento de sus implantes pudiera verse comprometido a causa de interferencias producidas por algunas fuentes emisoras de campos intensos. También algunos equipos de uso médico pueden verse afectados en

su funcionamiento por determinadas emisiones relativamente débiles. El correcto conocimiento de las características de compatibilidad electromagnética de esos aparatos permitirá a los responsables de su manejo y mantenimiento evitar la presencia en el ambiente de emisiones susceptibles de provocar disfunciones en el equipo.

4.- Es importante, en consecuencia, que la aplicación de las normativas conceda prioridad a la seguridad de los ciudadanos y garantice el estricto respeto a los límites establecidos. Al mismo tiempo, las autoridades responsables de la Gestión de Riesgos ambientales deberán mantener una actitud vigilante y preventiva, promocionar la investigación científica sobre los efectos de los campos electromagnéticos y estar al corriente de los nuevos avances en el conocimiento de la materia.

5.- Esas autoridades deben ser sensibles al interés de los ciudadanos acerca de las exposiciones a campos ambientales. Los ciudadanos deben ser informados adecuadamente para evitar tanto riesgos como alarmas injustificadas. A este respecto, es necesario

subrayar que los científicos de los organismos sanitarios y académicos tienen como función la investigación de los posibles efectos de las radiaciones no ionizantes sobre la salud y la diseminación de los resultados obtenidos. Tal diseminación debe contribuir al conocimiento científico y a la educación de los ciudadanos en la idea de que no existe el riesgo nulo y que el estudio de la respuesta humana a agentes ambientales supone un proceso lento y costoso. No es función de esos científicos actuar ante la ciudadanía como avaluadores de decisiones sobre políticas sanitarias o como comunicadores dedicados a reconducir problemas derivados de posibles percepciones de riesgo sur-

tidas entre el público o los trabajadores.

6.- De hecho, una encuesta realizada por la Sociedad Española Contra el Cáncer revela que, a pesar de los esfuerzos de las autoridades sanitarias y académicas por informar a los ciudadanos, estos presentan en la actualidad un desconocimiento generalizado acerca de las Radiaciones No Ionizantes y de sus efectos. Ese déficit de conocimiento es considerado en parte responsable del alto nivel de percepción de riesgos derivados de la exposición a RNI ambientales detectado en la población. En general, los españoles consideran que esas RNI pueden ser causa de patologías como el cán-

cer, dolor de cabeza o insomnio. Eso determina una actitud en la población claramente contraria a la instalación de antenas de telefonía móvil en las proximidades de sus domicilios. Sin embargo, esa percepción de riesgos no parece ser un elemento disuasorio de la utilización doméstica de equipos generadores de RNI (hornos de microondas o teléfonos móviles), hacia los cuales el beneficio recibido supera significativamente al riesgo percibido.

7.- Estas conclusiones no deben ser consideradas definitivas, sino abiertas a futuras modificaciones basadas en la ampliación del conocimiento a través de nueva evidencia científica.



El programa europeo SENTINEL

SENTINEL (Safety and Efficacy for New Techniques and Imaging using New Equipment to Support European legislation) es una Acción Coordinada, co-financiada por la Comisión Europea que se desarrollará entre los años 2005 y 2007. La coordinación se realiza desde el Centro de Garantía de Calidad de Newcastle, Dr. K. Faulkner (Reino Unido). El consorcio está formado por 23 grupos de investigación de 20 países europeos, junto con un organismo internacional (OIEA) y la Federación Europea de Sociedades de Física Médica (EFOMP).

Los objetivos del programa abarcan las siguientes áreas de trabajo:

1. Características funcionales de los equipos de radiodiagnóstico. Coordinado por la Universidad de Delf, Dr. J. Zoetelief (Holanda).
2. Aspectos de eficacia y seguridad en radiología digital, radiología dental y medicina nuclear. Coordinado por el Instituto de Radiología de Trier, Dr. H.P. Busch (Alemania).
3. Aspectos de eficacia y seguridad en cardiología. Coordinado por el Instituto de Física Sanitaria de Udine, Dr. R. Padovani (Italia).
4. Aspectos de eficacia y seguridad en radiología intervencionista. Coordinado por el Departamento de Radiología de la Universidad Complutense, Dr. E. Vañó (España).
5. Aspectos de eficacia y seguridad en programas de cribado y en pedia-

tría. Coordinado por el Departamento de Radiología de la Universidad de Lovaina, Dra. H. Bosmans (Bélgica).

6. Justificación y ética. Coordinado por el Departamento de Física Médica del Hospital de St. James, Dr. J. Malone (Irlanda).

7. Guías de buena práctica y formación. Coordinado por el Centro de Garantía de Calidad de Newcastle, Dr. K. Faulkner (Reino Unido).

Eliseo Vañó
Investigador Principal
del grupo español en SENTINEL

EMF-NET



La Acción Coordinada EMF-NET del VI Programa Marco de la Comisión Europea dirigida por Paolo Ravazzani del Instituto de Bioingeniería Biomédica, Nazionale delle Ricerche, Milán, Italia, ha creado la página web: <http://www.jrc.cec.eu.int/emf-net/>. En esta Acción Coordinada están implicados más de 40 participantes, incluyendo todos los coordinadores del V Programa Marco de la Comisión Europea, coordinadores de proyectos de investigación nacional en Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Italia y el Reino Unido, representantes de otras comunidades europeas y de grupos internacionales como el ICNIRP,

la Acción COST 281 y el Proyecto Internacional EMF de la Organización Mundial de la Salud, así como asociaciones de la industria, organismos reguladores, asociaciones científicas y sindicatos. Uno de los objetivos de esta Acción es coordinar e informar sobre los resultados de las actividades científicas relacionadas con los efectos de los campos electromagnéticos (CEM). Durante el presente año una de las iniciativas puesta en marcha por EMF-NET ha sido la creación de grupos europeos que proporcionen respuestas inmediatas sobre CEM y Salud. Se trata de grupos de expertos en áreas relacionadas con la investigación en CEM y/o Salud que pueden ser contactados por miembros de la Comisión Europea y sus Agencias para dar respuestas rápidas a preguntas urgentes. Información adicional sobre EMF-NET se encuentra disponible en la página Web mencionada.

Comité de Redacción

VII Programa Marco de la Unión Europea



El pasado 6 de abril, la Comisión Europea publicó su propuesta relativa al VII Programa Marco para acciones de Investigación, Desarrollo tecnológico y Demostración. El documento presentado propone un presupuesto total de 67.800 millones de euros, que suponen un 6,6% del total del presupuesto comunitario, para un periodo de siete años

(2007-20013). El Programa constaría de cuatro programas específicos: Cooperación, Ideas, Personas y Capacidades.

Tras la publicación de la propuesta de Decisión sobre el VII Programa Marco publicada por la Comisión el 6 de abril, comenzarán los debates en el Parlamento Europeo y el Consejo, en función de los cuales la Comisión publicará sus propuestas relativas a los programas específicos (previsiblemente en septiembre de 2005), y las reglas para la participación en el Programa. Posteriormente, continuarán los debates en el Parlamento y el Consejo, de acuerdo con el procedimiento de "co-decisión", hasta que se alcance una posición común respecto a los documentos propuestos y éstos sean finalmente adoptados. Se espera que el Séptimo Programa Marco sea adoptado entre julio y octubre de 2006, y que las primeras convocatorias sean publicadas a finales de 2006.

En relación al VII Programa Marco, la Comisión ha publicado un documento de trabajo en el que se define un plan de simplificación de diez puntos que facilitará la participación en los programas marco de investigación de la Unión Europea. Como se explica en el documento (disponible en formato pdf en la página web de la SEPR www.sepr.es), ha aumentado la creciente complejidad de los programas marco como resultado de la ampliación en presupuesto, escala, ámbito y objetivos.

Las nuevas medidas de simplificación se basan en tres principios: flexibilidad, racionalización y clarificación de los derechos y obligaciones. Las diez medidas concretas, algunas han sido objeto de revisión para comprobar si están en asonancia con la normativa financiera relativa al presupuesto general de la UE, abordan una serie de procedimientos, incluidos: la elección de los planes de financiación; comunicación; la presentación de información legal y financiera; la definición de costes elegibles;

el proceso de selección; la ampliación de la financiación fija; y los modelos para presentar la información.

Comité de Redacción
(Fuente CORDIS)

Proyectos de Investigación en Dosimetría Interna. Grupo IDEAS y la Acción CONRAD

Dentro del V Programa Marco de Investigación de EURATOM patrocinado por la Comisión Europea, se ha desarrollado el Proyecto IDEAS (2001-2005) en relación a la Armonización en el procedimiento de cálculo de las dosis efectivas comprometidas por incorporación de material radiactivo al organismo.

La generación de nuevos y más realistas modelos metabólicos (que reproducen el comportamiento del contaminante radiactivo dentro del cuerpo) y la aplicación de las nuevas recomendaciones de ICRP (límites anuales, niveles de referencia, factores de dosis,...) han afectado a la gestión de la dosimetría interna, especialmente en lo que concierne al diseño de programas de vigilancia de los trabajadores expuestos y al cálculo de las dosis. Todo ello ha obligado a plantearse seriamente una coordinación en metodologías que garantice que la evaluación de las dosis ocupacionales asociadas a distintas instalaciones radiactivas y nucleares europeas, se lleve a cabo obteniendo resultados de dosis comparables en fiabilidad.

Lo más relevante del proyecto IDEAS ha sido la generación de unas guías generales para la estimación de las dosis internas y la organización de un ejercicio de intercomparación consistente en el estudio y resolución de varios casos propuestos de contaminación interna. Ambas actividades han sido de gran uti-

lidad para la comunidad europea de dosimetristas que lidian en el difícil mundo de la interpretación de los datos experimentales de Actividad medida (in-vivo, in-vitro, concentración en aire) para la obtención de las dosis por incorporación de material radiactivo.

De máximo interés ha sido la organización de un Workshop en Viena (Abril 2005) organizado por la IAEA junto con el grupo IDEAS, para la puesta en común de los resultados de dicha Intercomparación. Se ha aprovechado este evento para realizar una aplicación práctica de las Guías de IDEAS en los ejercicios propuestos. La participación española en estas actividades ha estado formada por Iberinco, utilizando el código INDAC desarrollado por dicha entidad, y la asistencia de una representante del CIEMAT a la reunión en Viena.

La continuidad de las actividades del grupo IDEAS se ve asegurada gracias al Proyecto CONRAD, dentro del VI Programa marco de Investigación de EURATOM. Se trata de una "Coordinated Action" para la investigación coordinada de laboratorios en diversos campos de la Dosimetría de Radiaciones, cuyo principal soporte es la organización EURADOS (European Radiation Dosimetry group). Uno de los grupos de trabajo (WPS) está siendo dirigido por el CIEMAT, en relación a la investigación en dosimetría interna, con más de 30 participantes europeos, combinado actividades y tareas cuyo principal objetivo es una mejor y más fiable evaluación de las dosis efectivas comprometidas en todos los escenarios posibles (rutina y emergencias), reduciendo las incertidumbres asociadas, aplicando guías (IDEAS) que garanticen el cálculo armonizado de las dosis y utilizando nuevas herramientas (software) y desarrollos (Voxel Phantoms y métodos de Monte Carlo) en el entorno de las evaluaciones de las exposiciones internas ocupacionales.

M^{ra} Antonia López
CIEMAT

NOTICIAS

de ESPAÑA

El Profesor Cohen-Tannoudji medalla de Oro del CSIC



Profesor Cohen-Tannoudji.

Dentro de los actos de celebración del Año Mundial de la Física, ha tenido lugar el 10 de mayo en el Salón de Actos del CSIC (Madrid) la entrega de la Medalla de Honor de este Organismo al Profesor Claude Cohen Tannoudji, Premio Nobel de Física 1997, por su trabajo sobre la interacción entre los átomos y la radiación electromagnética.

El acto comenzó con unas palabras de D. Carlos Martínez, Presidente del CSIC quien destacó la figura científica y humana del homenajeado y recordó su conexión hispana por su procedencia sefardí. El Sr. Martínez declaró, a su vez, que "nuestro Gobierno ha hecho una apuesta decidida por la investigación, algo que la comunidad científica celebra y aplaude", así como la importancia del caldo de cultivo democrático en el desarrollo de la ciencia y del diálogo, como soporte del conocimiento científico.

Seguidamente, después de la lectura del acta de la Junta de Gobierno del CSIC, la Vicepresidenta del Gobierno: D^a. M^a. Teresa Fernández de la Vega, procedió a la entrega de la medalla.

A continuación, D Gerardo Delgado-Barrio, Presidente de la Real Sociedad Española de Física, habló sobre el significado y la importancia del Año Mun-

dial de la Física, la urgente necesidad de mejora de la educación en esta disciplina en España y los problemas de percepción que existen en nuestro País para el desarrollo de esta ciencia. Después hizo una semblanza del Prof. Claude Cohen Tannoudji, de quien fue alumno en el primer año de su periodo como miembro del College de France en Paris y a quien definió, en una emotiva alocución, como "el mejor profesor que he tenido en mi vida"; destacó su brillante trayectoria científica y la condición de integrar en su persona tres "de las características esenciales de la tradición judía: estudiar, aprender y compartir los conocimientos".

La conferencia del Profesor Cohen, sobre "Luz y Materia", adaptada en su claridad de exposición a un auditorio pluriprofesional de unos 500 asistentes, versó sobre la interacción entre los átomos y la radiación electromagnética y contempló no sólo los conceptos fundamentales, sino también alguna de sus aplicaciones, como los relojes atómicos o los usos varios en física médica. Terminó con una firme defensa de la investigación básica que aunque no tiene aplicaciones inmediatas, es lo que determina el futuro, ya que es preciso subrayar que en el soporte actual de nuestro modo de vida, subyace una tecnología basada en los descubrimientos de la física básica de hace más de una década y que dentro de unos años se verán las utilidades de las teorías y experimentos de los científicos de hoy. Cohen alertó sobre los riesgos de "una política científica a corto plazo" y sobre la necesidad de mantener y aumentar una fuerte colaboración entre los países europeos ya que, a pesar del miedo de los "fundamentalistas", la ciencia es algo imprescindible a la hora de buscar soluciones para los problemas de nuestra sociedad.

Cerró el acto la Sra Vicepresidenta, quien declaró que la investigación es "una de las prioridades de un gobierno progresista" dado que "existe una relación directa entre conocimiento y desarrollo" y que con el fin de acompasar a nuestro país a la agenda de Lisboa- lle-

gar al 3% del PIB- en los presupuestos del año próximo, el "aumento prioritario del gasto público estará dedicado al I+D+i y a políticas de desarrollo"

M. Téllez de Cepeda
S^o de Radiofísica y Radioprotección
Hospital Universitario La Paz

Se ha celebrado el III Congreso Español de Metrología en Zaragoza



El Congreso, organizado por el Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón y el Centro Español de Metrología (dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) y que ha contado con el apoyo técnico del Instituto Tecnológico de Aragón (ITA), se ha celebrado los días 11, 12 y 13 de mayo de 2005 en Zaragoza.

El evento estuvo dirigido a todos los usuarios de las medidas (fabricantes de productos, centros de investigación y desarrollo y empresas) que han implantado o están implantando un sistema de gestión de la calidad, ya que todos ellos necesitan gestionar adecuadamente sus equipos de medida.

El congreso, que ha contado con más de 400 asistentes, se estructuró en tres sesiones plenarias y 18 simultáneas que dieron cabida a más de 80 ponencias. Además, tuvo lugar una sesión de pósters.

Las sesiones plenarias trataron sobre: "La articulación del sistema metrológico español"; "EUROMET- su papel en la metrología europea" y "El papel de BIPM en la metrología". En las 18 sesiones paralelas se trataron temas tan diversos como la metrología legal, acústica y vibraciones, incertidumbres de medida, magnitudes eléctricas, acreditación, normalización, energía eléctrica, metrología química, metrología dimensional y máquinas de medición por coordenadas,

herramientas y sistemas de calidad en metrología o metrología industrial.

En la sesión 5 sobre "Metrología en emisiones luminosas y radiactivas" se presentaron cinco trabajos relacionados con las radiaciones ionizantes, todos ellos realizados por el Grupo de Metrología del CIEMAT.

De forma simultánea a las sesiones del Congreso se organizaron dos visitas técnicas, al Instituto Tecnológico de Aragón y a Opel España.

Comité de Redacción

Alava Ingenieros presenta la más completa gama de soluciones para Medida, Análisis, Registro, Control y Estudio de las EMISIONES RADIOELÉCTRICAS en el Entorno médico

Además de la amplia gama de productos y soluciones, ponemos a su disposición la experiencia de nuestros ingenieros para asesorarle tanto en la normativa como en las diferentes alternativas adecuadas a sus necesidades. Nuestro objetivo es siempre, configurar la solución más adecuada para el cliente.

Alava Ingenieros tiene capacidad para suministrar Desde pequeño equipamiento accesorio, como Sondas de Campo Eléctrico y Magnético, Antenas, etc., pasando por instrumentación de medida, como Simuladores de Onda, Amplificadores de RF, Generadores de Descargas Electroestáticas, etc.; hasta los más complejos sistemas de control y medida "llave en mano", como Apantallamientos Electromagnéticos de Salas MRI, Cámaras Anecoicas, Sistemas SAR, Celdas GTEM, etc.; Alava Ingenieros dispone de la capacidad y recursos tanto preventa como posventa para cubrir cualquier necesidad normativa o de investigación que se plantee en el Entorno Médico..

Más Información: Alava Ingenieros S.A. Tlf. 91 567 97 20. Fax: 91 570 26 61. e-mail: emc@alava-ing.es

Comité de Redacción

NOTICIAS de l M U N D O

El NRPB Británico recomienda limitar el uso de teléfonos móviles por parte de niños; la FDA estadounidense discrepa

En enero de 2005, Sir William Stewart, coordinador de un comité de expertos en radiaciones no ionizantes de la Junta Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido (NRPB) ofreció un informe actualizado de 118 páginas sobre el uso de teléfonos móviles y salud. En general, según un boletín de prensa, "la conclusión principal es que en el presente no hay pruebas definitivas de que la salud de el público, en general, esté siendo afectada negativamente por el uso de tecnologías relacionadas con telefonía móvil, pero las incertidumbres permanecen y se recomienda un enfoque continuado de precaución en su uso hasta que la situación sea aclarada". El consejo personal de Sir William es que los padres deberían limitar el uso que sus hijos pequeños hacen del teléfono móvil. El citado comité NRPB declaró que "en ausencia de nuevas evidencias científicas, la recomendación en un Informe anterior de Stewart, sobre limitación del uso de teléfonos móviles por niños, sigue siendo apropiada como una medida de precaución." Además, "debido a las actuales incertidumbres recomendamos un continuo enfoque de precaución en el uso de tecnologías de telefonía móvil" que debería ser adoptado por el gobierno, por la industria de telefonía móvil "y por todos aquellos que decidan adquirir un teléfono móvil para ellos, para su familia o para sus hijos." Tan solo un día después de hacerse público el informe, la Administración de Medicamentos y Alimentos estadounidense (FDA) publicó una declaración que discrepaba con la evaluación del NRPB de la situación para los niños: "el FDA está de acuerdo con el NRPB en sus conclusiones de que no existen pruebas definitivas de efectos adversos sobre la salud para el público en general debidos a la exposición de energía de radiofrecuen-

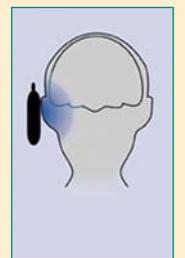


cias, con el uso de dispositivos de comunicación inalámbricos... El FDA está trabajando en el Programa de Toxicología Nacional, con la industria de telecomunicación inalámbrica, con otras agencias federales y con la Organización Mundial de la Salud para garantizar la investigación necesaria sobre los posibles efectos sobre la salud de niveles bajos de energía de radiofrecuencias. En cuanto a la seguridad y uso de teléfonos celulares por niños, las evidencias científicas no muestran un peligro para usuarios de dispositivos de comunicación inalámbricos incluyendo a los niños". La declaración del FDA está disponible en www.fda.gov/cellphones. El Report del NRPB, el boletín de prensa, un resumen de 12 páginas del informe ejecutivo y una revisión suplementaria realizada por Sienkiewicz y Kowalczyk están disponibles en formato pdf en la página Web del NRPB, www.nrpb.org.

Comité de Redacción

Medida de la radiación emitida por los teléfonos móviles

Como Autoridad Reguladora de Finlandia, STUK asegura la seguridad de los teléfonos móviles en el mercado. Se han publicado los resultados de un estudio, que comenzó en la primavera de



2003, sobre la radiación emitida por teléfonos móviles de diferentes compañías (Nokia, Motorola, Samsung, Sony y Siemens). El parámetro analizado es la tasa de absorción específica (SAR, siglas derivadas del término en inglés "Specific Absorbed Rate"), la cual muestra cuanto energía calorífica se absorbe en el área de la cabeza producida por el teléfono móvil. Se mide el valor de SAR específicamente ya que es el mejor indicador de la exposición a radiación. Cuando los valores de SAR no superan los 2 vatios por kilogramo, el valor máximo permitido por la Unión Europea, el tejido no se calienta de forma significativa. Los resultados del estudio realizado por STUK han mostrado niveles de SAR inferiores a 2 vatios por kilogramo, para todas las marcas de teléfonos móviles analizados. Las medidas se han realizado de acuerdo con el estándar europeo EN 50361. Más información en: <http://www.stuk.fi/english/>

Comité de Redacción

Congreso Europeo IM2005 sobre Dosimetría Personal de Trabajadores Expuestos

Para facilitar el traslado de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizan-

tes en instalaciones nucleares y radiactivas en Europa, la Comisión Europea publicó el 13 de Julio de 1996 la Directiva 96/29 de EURATOM, cuya transposición a la normativa española se llevó a cabo en el año 2001, tras la publicación del Reglamento para la Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes. Una vez que la Directiva se ha implementado en los países de la UE, el principal objetivo a cumplir es la coordinación y la Armonización entre los distintos laboratorios e instalaciones que llevan a cabo la dosimetría personal tanto interna como externa de los trabajadores expuestos en nuestro continente.

Como punto final de la Acción llevada a cabo para la "Armonización en Dosimetría Personal por exposiciones ocupacionales" (2000-2004) la organización EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) ha sido el principal patrocinador **del Workshop IM2005 (European Workshop on Individual Monitoring of Ionising Radiation)** que se ha celebrado en Viena la semana del 11 al 15 de Abril de 2005, sobre temas relacionados con la Dosimetría Personal en el marco de la protección radiológica de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.

El CIEMAT (M^a Antonia López) ha participado activamente en la organización



del Congreso, formando parte del Comité científico, presidiendo alguna de las sesiones y evaluando los trabajos presentados, y muchos de los servicios de dosimetría españoles, así como el Consejo de Seguridad Nuclear participaron en las actividades propuestas durante la acción de Armonización llevada a cabo por EURADOS, proporcionando información técnica de relevancia y contestando a los cuestionarios enviados para la obtención de los datos de mayor interés. La armonización se ha llevado a cabo en varios frentes, considerando procedimientos y servicios de dosimetría externa, exposiciones ocupacionales internas (incorporación de radionucleidos al organismo) y dosis recibidas en lugares de trabajo debido al radón y a otro tipo de radiación natural.

La participación española ha sido de las más importantes del Congreso en número de asistentes, incluyéndose entre los mismos varios miembros activos de la SEPR, representantes del sector nuclear (Tecnatom y CN Cofrentes), del CSN, del entorno universitario (Cataluña, Cantabria) y del de investigación (CIEMAT). Son de destacar las conferencias invitadas por parte de Merce Ginjaume (Universidad Politécnica de Cataluña) que presentó los resultados por el Grupo de Trabajo sobre la aplicación de dosímetros electrónicos activos para la Dosimetría Personal en la Unión Europea, y de María Antonia López (CIEMAT) que expuso las conclusiones más relevantes de una acción llevada a cabo para la integración de métodos dosimétricos en un único sistema de Dosimetría Personal que incluya los datos de dosis por exposición externa, de dosis efectiva comprometida por incorporación interna y las exposiciones



de origen natural en lugares de trabajo. Otros trabajos muy relevantes presentados fueron por ejemplo la utilización del TLD-600 en campos mixtos neutrones-gamma (Grupo de Dosimetría de Neutrones del CIEMAT), el caso de Villar de la Yegua por su altísimo nivel de fondo natural (L. Quindós, Universidad de Cantabria), la utilización de Voxel-phantoms para la medida in-vivo de dosis por exposición interna (J.M. Gómez Ros et al, CIEMAT) y las mejoras llevadas a cabo en la dosimetría de extremidades en el marco de las exposiciones médicas (Gingaume y Ortega, Universidad Politécnica de Cataluña).

María Antonia López
CIEMAT-Dosimetría Interna

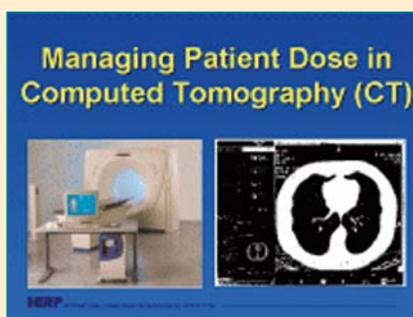
Borradores de los "documentos de base de ICRP" para comentarios

Se encuentran disponibles para comentarios, en la página electrónica de la ICRP (<http://www.icrp.org>), los borradores de los "documentos de base" elaborados por los grupos de trabajo que sirven de base para las próximas recomendaciones de ICRP que están a punto de finalizarse. De los documentos Optimización y protección radiológica y Evaluación de dosis al individuo representativo la fecha límite para comentarios es el 10 de julio de 2005; para los documentos Riesgos a la salud atribuibles a la radiación, Magnitudes dosimétricas y Plantas y animales de referencia la fecha límite es el 24 de julio de 2005.

Comité de redacción

Área de formación en la página electrónica de la ICRP

La ICRP cuenta en su página electrónica con una sección denominada "Educational Area" en la que se puede descargar una serie de material,



que pretende promover el conocimiento sobre protección radiológica (www.icrp.org/educational_area.asp). Inicialmente, se han centrado en el uso de la radiación en medicina.

Está disponible una colección de presentaciones, en su mayoría en Microsoft Power Point, que puede utilizarse por profesores, doctores y aquellos interesados en protección radiológica en medicina. Las presentaciones disponibles en idioma inglés son:

- ICRP 84: "Pregnancy and medical radiation".
- ICRP 85: "Interventional radiology".
- ICRP 86: "Accidents in radiotherapy".
- ICRP 87: "CT dose management"

Además, está disponible la presentación en español "Radiología digital" (en formato pdf) en cuya edición ha participado el Dr Eliseo Vaño, miembro del Comité 3 de ICRP.

Así mismo, en esta sección de ICRP se puede consultar un resumen sobre "Radiation and your Patient: A Guide for Medical Practitioners", y una nota explicativa "Diagnostic Reference Levels".

La ICRP ha puesto a disposición de todos aquellos que necesitan una introducción al tema de protección radiológica, un resumen de 11 páginas de las actuales Recomendaciones de ICRP (Publicación 60), si bien se hace hincapié en que este resumen no puede sustituir el informe completo ICRP-60.

Los derechos de autor de todos los documentos y presentaciones comentadas pertenecen a la ICRP por lo que sólo se permite su uso personal.

Comité de Redacción

Reunión de la Comisión Principal de ICRP. Marzo de 2005

La Comisión Principal de ICRP se reunió el pasado mes de marzo para tomar decisiones una vez finalizado el plazo de consulta sobre las nuevas recomendaciones propuestas para 2005.

El ejercicio de consulta sobre las nuevas recomendaciones dio lugar a cerca de 200 respuestas que se tradujeron en unas 600 páginas de texto escrito. Muchos de los comentarios son consecuencia de que aún no se han sacado a consulta los "documentos base". La consulta de estos documentos, cinco en la actualidad, tendrá lugar durante el verano de 2005 y deberían estar revisados, si fuera necesario, para su aprobación si todo va bien en la reunión de Comisión que se celebrará en septiembre de 2005 en Ginebra.

La ICRP considera que estos "documentos base" son esenciales para secundar las recomendaciones de la Comisión. De los plazos de consulta y como acceder a los documentos se informa en otra noticia de este número de Radioprotección.

Además de los documentos referidos, la ICRP considera que como resultado del ejercicio de consulta, serán necesarios otros dos nuevos "documentos base". En primer lugar, durante el ejercicio de consulta se transmitió la preocupación de que parecía que la Comisión había abandonado un sistema basado en el riesgo a la hora de establecer valores numéricos para las restricciones, y el uso de comparaciones con el fondo natural. Actualmente se propone que se añada a las recomendaciones una versión actualizada de lo que era el apéndice C en la Publicación 60. El anexo trataba de "Las bases para juzgar el significado de los efectos de la radiación" y desarrollaba las probabilidades atribuibles de muerte durante toda la vida del individuo debidas a la exposición y las comparaba con diversas tasas de fatalidad no relacionadas con la radiación. El anexo demostró que la ICRP no tiene un sistema basado en el riesgo simple, sino que por el contrario hay una evaluación multi-atributo compleja

de las implicaciones de la exposición y una comparación válida con los niveles de radiación natural de fondo. Se propone actualizar este trabajo para utilizar los últimos modelos de proyección del riesgo procedentes del "documento base" de biología.

En segundo lugar, se ha decidido que hay que preparar un "documento base" sobre la aplicación de los principios de protección para "La protección del paciente en los procedimientos médicos", ya que el ejercicio de consulta reveló la necesidad de que el Comité 3 defina una estrategia clara que pueda incorporarse en las próximas recomendaciones.

El próximo borrador de las nuevas recomendaciones estaría completo tras la finalización de los "documentos base" y debería estar listo para ser considerado por la Comisión Principal a principios de 2006. Parecen inevitable la necesidad de una segunda ronda de consulta sobre las recomendaciones, aunque quizás sólo por un periodo de tres meses, después del cual la Comisión necesitará completarlas. La consecuencia más probable de todo esto es que la publicación de las nuevas recomendaciones se retrase hasta al menos finales de 2006.

Durante la reunión la Comisión también aprobó durante la reunión la publicación de dos informes en los Anales de ICRP. Un documento del un grupo de trabajo del Comité 2 de ICRP sustituirá el modelo gastrointestinal previamente utilizado por la Comisión y completará el trabajo necesario para especificar un nuevo maniquí de referencia. El informe tendrá por título: "Human Alimentary Tract Model for Radiological Protection".

La Comisión también decidió publicar un informe, proporcionado por Annie Sugier del Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire de Francia, de título "Análisis of the Criteria Used by the International Comisión on Radiological Protection (ICRP) to Justify the Setting of Numerical Reference Values". Este informe documenta la gran variedad de métodos por los que la ICRP ha desarrollado cerca de 30 restricciones numéricas

de dosis, en sus publicaciones desde las Recomendaciones de 1990 y por tanto enfatiza que NO hay un sistema basado en el riesgo simple para la protección.

El periodo de consulta sobre el documento "Extrapolación a dosis bajas de los riesgos de cáncer relacionados con radiación", propuesto por un grupo de trabajo del Comité 1, ha permitido aclarar algunos aspectos del texto que debería ser aprobado muy pronto.

Documento de ICRP
(Traducido por el Comité de Redacción)

Reunión del Comité ISO/TC/SC2 sobre "Protección Radiológica"

El pasado 30 de marzo tuvo lugar en China la reunión del comité ISO-TC-SC2 sobre protección radiológica. A ella asistieron representantes de Canadá, China, EEUU, España, Francia, Italia, Japón, Reino Unido, República Checa y Suecia.

En la reunión, la Dra Mari-Line Perrin, que es el contacto entre el OIEA y el comité, informó sobre el progreso realizado en el trabajo de señalización de peligro, los estándares de seguridad sobre exclusión, exención y acreditación (Guía de Seguridad RS-G-1.7) y la revisión de las Normas Básicas de Seguridad (BSS115). Puesto que ningún representante de la ICRP pudo asistir a la reunión, la Dra Perrin también informó sobre algunos aspectos de la ICRP. El objetivo principal de la Comisión es el documento PRO5 sobre las nuevas recomendaciones. Se puso en la web de la ICRP para comentarios, y se recibieron cerca de 300. Estos comentarios están siendo analizados por la Comisión Principal de ICRP. En apoyo a la publicación PRO5 hay cuatro documentos sobre: Magnitudes y unidades; Efectos biológicos; análisis de dosis individual y optimización. Estos cuatro documentos están en la web de ICRP, La intención es

publicar el documento PRO5 en 2006 ó 2007. El último anuncio es la creación de un nuevo Comité, el Comité 5, relacionado con el medio ambiente. Se ha nombrado un presidente y se ha contactado con expertos en el tema.

El grupo asesor ISO/TC 85/SC 2, creado en mayo de 2002, celebró una reunión en la que se identificaron potenciales temas de interés:

En medicina, los temas identificados fueron: dosimetría del paciente en radiodiagnóstico; control de calidad de nuevo equipamiento; garantía de calidad de los de sistemas de planificación de tratamientos de Radioterapia; blindaje de aceleradores lineales de electrones y ciclotrones médicos; medida de contaminación superficial en medicina nuclear y procedimientos para dosimetría en manos y dedos (para fluorine 18). La Dra. Raquel Barquero preparó una contribución que circuló entre los miembros del grupo asesor. El Comité recomendó que la dosimetría de pacientes en radiodiagnóstico fuera un tema prioritario.

En relación con dosis fetales por procedimientos médicos, se invitó a Mr Ken Swinth a remitir una contribución.

En temas de medidas medio ambientales, se citaron: extender el trabajo en suelo a otros tipos de radionucleidos, se ha excluido el trabajo sobre agua ya que ha sido asignado a ISO/147/WG 4, trabajar en atmósfera y aerosoles (radón, yodo y C-14); trabajo en acreditación de materiales. Adicionalmente el Dr. John Gill está listo para preparar un sistema de trabajo potencial no limitado al campo médico, sino para todo el grupo asesor SC 2.

Desde la última reunión e Buenos Aires en marzo de 2004 se han publicado 11 estándares (Normas ISO). El presidente del SC2 felicitó a los expertos y grupos de trabajo por los excelentes resultados.

Los distintos grupos de trabajo informaron sobre los siguientes temas: Grupo de trabajo 2 (GT): radiación de referencia; GT 4: aparatos para probar radiografía gamma industrial; GT5: materiales y dispositivos para protección frente a radiaciones; GT

11: fuentes selladas; GT 13: requerimientos de actuación para la evaluación de dosis interna por bioensayos; GT 14: control de la contaminación; GT 17: medidas de radiactividad; GT 18: dosimetría biológica; GT 19: dosímetros para dosimetría personal externa; GT 20: tráfico ilícito de material radiactivo; GT 21: dosimetría para exposiciones a

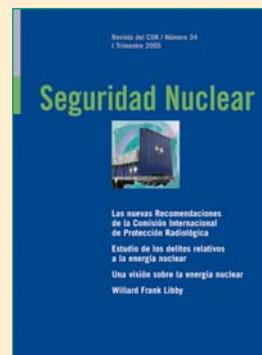
radiación cósmica en aviones civiles; GT 22: protección radiológica en protocolos médicos.

La próxima reunión de SC 2 está prevista para el 19-23 de junio de 2006 en Ottawa, Canadá.

Raquel Barquero
Miembro del ISO/TC/SC2

describen los motivos que han conducido la ICRP a proponer unas nuevas recomendaciones, las principales novedades y el grado de acogida de su propuesta. Está previsto

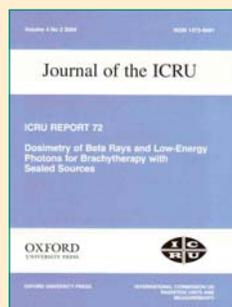
que las nuevas recomendaciones sean aprobadas en el año 2006, sustituyendo a las recomendaciones de 1990 actualmente en vigor. Además de este interesantísimo artículo, la revista recoge otros dos artículos técnicos: "Estudio de los delitos relativos a la energía nuclear" y "Una visión sobre la energía nuclear", así como un artículo divulgativo sobre "La señalización en el transporte de material radiactivo". Finalmente la revista hace un repaso a la vida del premio Nobel de química en 1960 Willard Frank Libby, que desarrolló el método de datación utilizando carbono 14.



PUBLICACIONES

JOURNAL OF THE ICRU

"Dosimetry of Beta Rays and Low-Energy Photons for Brachytherapy with Sealed Sources". ICRU Report 72. Volume 4, N° 2, 2004.



Inicialmente se pretendía que este informe proporcionara orientación sobre la especificación y calibración de fuentes selladas de rayos beta utilizadas en braquiterapia y sobre la

determinación de sus distribuciones de dosis relativa. Sin embargo, debido a que las fuentes de fotones de baja energía muestran características de dosis absorbidas similares y en muchos casos han sustituido a las fuentes de rayos beta, también se han incluido datos sobre la dosimetría de fotones de baja energía para poder comparar ambos tipos de fuentes. Los tipos de fuentes consideradas en el informe se describen en la sección 1. La sección 2 presenta detalles sobre las fuentes y sus aplicaciones en braquiterapia, recogiendo más datos en los apéndices A y B. La sección 3 discute los métodos recomendados para

la especificación y calibración de las fuentes y la sección 4 de centra en la determinación de las distribuciones de dosis relativa, tanto a través de cálculos como de medidas. En la sección b4 también se presenta un formalismo consistente para la presentación de las distribuciones de dosis relativa procedentes de una única fuente, aplicable tanto a fuentes beta como de fotones. En la sección 5 se considera las comparaciones dosimétricas pertinente a las aplicaciones consideradas en este informe. Basándose en las secciones 4 y 5, se presenta en la sección 6 las distribuciones de dosis relativa, o los parámetros para que se calculen, para un número de tipos específicos de fuentes de rayos beta y de fotones de baja energía. Finalmente, la sección 7 discute brevemente el control de calidad de la dosimetría.

PUBLICACIONES CSN

Revista Seguridad Nuclear N° 34 (I trimestre 2005). CSN.

En este número de Seguridad Nuclear, se publica el artículo técnico "Las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica" de los autores Paloma Sendín y Carlos Gimeno. En dicho artículo, tal y como destacan los autores, se

Normativa. NOR-01.05

Carpeta de legislación (V). Varios

- Real Decreto 1428/1986 sobre pararrayos radiactivos.
- Real Decreto 903/1987 por el que se modifica el Real Decreto sobre pararrayos radiactivos.
- Real Decreto 158/1995 sobre protección física de los materiales nucleares.
- Real Decreto 413/1997 sobre protección operacional de los trabajadores externos.
- Acuerdo del Consejo de Ministros de 1 de octubre de 1999 sobre información al público en caso de emergencia radiológica.
- Real Decreto 1546/2004 por el que se aprueba el Plan Básico de Emergencia Nuclear

Informes técnicos. INT-04.10

Programas de vigilancia radiológica ambiental. Resultados 2003

Se presenta aquí el sexto informe anual sobre los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental que contiene los resultados de los programas desarrollados durante el año 2003 junto con los datos históricos que constituyen un marco de referencia. Este documento es continuación de los emitidos por el Consejo de Seguridad Nuclear desde que en 1999 inició la publicación de una serie de informes técnicos, con objeto de poner a disposición del público y las instituciones información sobre los niveles de radiactividad ambiental del país, con un cierto nivel de detalle. El Consejo, en virtud de las funciones que tiene encomendadas, lleva a cabo la evaluación y el control del impacto radiológico ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas y controla y vigila la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional, en cumplimiento de las obligaciones del Estado.

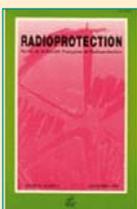
Documentos CSN. DOC-07.08

La dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante el año 2003. Estudio sectorial

El presente informe contiene la información elaborada por la Subdirección de Protección Radiológica Operacional, Área de Protección Radiológica de los Trabajadores, en relación con la vigilancia y control dosimétrico llevada a cabo sobre las personas expuestas en nuestro país a lo largo del año 2003. Dicha información es de carácter sectorial y tiene por objetivo realizar un seguimiento de la distribución de dosis anual en los distintos tipos de trabajo que implican exposición a las radiaciones ionizantes. La información contenida en el presente informe viene a cerrar el ejercicio dosimétrico correspondiente al año 2003 y actualiza datos previamente presentados a

este respecto¹. En este informe se han utilizado los datos obtenidos del Banco Dosimétrico Nacional (BDN), a partir de las dosis individualizadas asociadas al tipo instalación y trabajo en los cuales los trabajadores expuestos han recibido dichas dosis. Se han considerado los cuatro ámbitos de trabajo característicos del BDN: instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo de combustible y residuos y otras instalaciones.

OTRA PUBLICACIÓN



Radioprotection, la revista publicada por la Sociedad Francesa de Protección Radiológica, está disponible en formato electrónico.

Desde ahora se puede acceder a la revista "Radioprotection", publicada por la Sociedad Francesa de Protección Radiológica, a través de la dirección electrónica www.edpsciences.org/radio/. En dicha dirección se puede tanto consultar el contenido de la revista como descargar los artículos en ella publicados. Recordar que si bien la mayoría de los artículos se publican en francés, también existen artículos en inglés en la revista Radioprotection.

NRPB

NRPB W- 67 Dosis en exámenes de tomografía computarizada (TC) en el Reino Unido- Revisión 2003.

Autores: PC Shrimpton, MC Hillier, MA Lewis y M Dunn
Marzo 2005. March 2005. ISBN 0-85951-556-7

Un nuevo estudio sobre tomografía computarizada (TC) ha proporcionado

una útil instantánea de las dosis recibidas por los pacientes durante el año 2003. Se examinan detalles de casi 850 protocolos tipo y 2000 pacientes individuales en relación a 12 exámenes de TC en adultos y niños, que fueron recogidos a través de cuestionarios cumplimentados voluntariamente en una muestra distribuida entre 126 equipos. Esto representa más de la cuarta parte de los tomógrafos del Reino Unido, de los cuales un 37% con capacidad multicorte. Para estimar los índices de dosis estándar CTDI_w y CTDI_{vol} para cada secuencia, fueron utilizados los datos normalizados publicados por ImpACT para cada equipo específico, y conociendo la longitud de barrido se calculó el producto dosis x longitud (DLP) en cada examen. Las dosis efectivas se estimaron a expensas de los valores de DLP calculados. Se registraron de manera clara amplias diferencias en la práctica de los centros, aunque los niveles globales de exposición fueron en general más bajos, entre un 10% y un 40%, que los obtenidos también en el Reino Unido en el estudio de 1991. Había, sin embargo, una tendencia de ligero aumento de dosis para scanner multicorte (4+) (MSCT) en relación a los de corte simple para pacientes adultos. Los valores de CTDI_{vol} fueron en conjunto similares a los datos del estudio realizado en Europa en 2001. Las dosis efectivas de los pacientes con edades entre cero y un año fueron claramente mayores que los correspondientes valores para adultos. Las dosis de pacientes individuales en los protocolos estándar establecidos para cada equipo resultaron en promedio similares, aunque también hubo claras diferencias significativas.

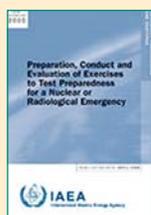
El informe incluye resúmenes de las distribuciones de dosis observadas y, sobre la base del valor del tercer cuartil, presenta valores de dosis de referencia nacional para exámenes de adultos (separadamente, para scanner simple y multicorte) y de niños. El programa PRE-DICT(Patient Radiation Exposure and Dose in CT), base de datos establecida en el estudio, representa un recurso nacional sostenible para la supervisión del desarrollo de la Tomografía Computarizada a través de la comparación

continuada de datos de estudios posteriores.

OIEA

Preparation, Conduct and Evaluation of Exercises to Test Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency

Emergency Preparedness and Response. EPR-EXERCISE (2005)



El objetivo de esta publicación es proporcionar una guía práctica para los planificadores para preparar, dirigir y evaluar eficientemente y con eficacia ejercicios de respuesta ante una emergencia. También proporciona una guía para ser utilizada en la etapa de preparación para establecer el programa de preparación de la emergencia. Esta publicación cubre los ejercicios de respuesta ante emergencias que implican todos los tipos de prácticas nucleares o radiológicas, dados en categorías de accidente I a V, según lo descrito en N° GS-R-2 de la serie de estándares de seguridad de la OIEA y EPR-Method (2003).

Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources: Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources

IAEA/CODEOC/IMP-EXP/2005

El código de conducta de la OIEA sobre la seguridad de las fuentes radiactivas (el "Código", IAEA / CODEOC / 2004) describe cómo los Estados pueden manejar con seguridad fuentes radiactivas del alto riesgo. Los párrafos 23 - 29 del Código tratan sobre la importación y la exportación de fuentes radiactivas, y algunos estados han solicitado posteriormente orientación en cómo deben ser puestos en ejecución estos párrafos. La "Guía para la importación



y la exportación de las fuentes radiactivas", por lo tanto, ha sido desarrollada por expertos técnicos y legales nominados por los Estados Miembros de la OIEA. Esta Guía proporciona orienta-

ción específica en cómo los Estados pueden implementar los párrafos 23 - 29 del código. Ha sido aprobada por el Consejo Superior de la OIEA, endosada por la Conferencia General de la OIEA, y publicada como suplemento al "Código".

NEA

Optimisation in Operational Radiological Protection

A Report by the Working Group on Operational Radiological Protection of the Information System on Occupational Exposure

Publicado el 23-MAR-05, 124 pages. NEA#05411, ISBN: 92-64-01050-5. Disponible en la WEB en: <http://www.nea.fr/html/rp/reports/2005/nea5411-optimisation.pdf> (in PDF).

En las centrales nucleares continúan evolucionando las modificaciones operacionales para la optimización de la protección radiológica. La mejora continua de la protección ha sido facilitada grandemente por el intercambio de las buenas prácticas y experiencia a través del sistema de información en la exposición ocupacional (ISOE). Con la próxima revisión del sistema de la protección radiológica, según lo recomendado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), el programa de ISOE consideró que sería importante y útil documentar las buenas prácticas operacionales para asegurar que están reflejadas apropiadamente en las nuevas recomendaciones de ICRP. Este informe es una compilación de ejemplos prácticos de la buena práctica en la optimización. Está pensado para asistir a

las centrales nucleares proporcionando la protección más apropiada para el público y los trabajadores, y para destacar los conceptos de ICRP que deben reflejarse en sus nuevas recomendaciones.

Beneficial Uses and Production of Isotopes

2004 Update
Publicado el 25-FEB-05, 64 pages.
NEA#05293, ISBN: 92-64-00880-2.

Los isótopos radiactivos continúan desempeñando un papel cada vez más importante en diagnóstico y terapia médica, los usos industriales y la investigación científica. Pueden ser vitales para la salud y el bienestar de los ciudadanos, y contribuyen a la economía mundial. Es por lo tanto importante entender su producción y uso. Este informe proporciona una base sólida para entender la producción y el uso de radioisótopos en el mundo actual. Será de interés no solamente para los políticos del gobierno, sino también para los científicos, los médicos facultativos, los estudiantes y los usuarios industriales.

NCRP

NCRP Releases Report No. 148. Protección radiológica en medicina veterinaria.

Este documento se ocupa de la protección de los individuos que puedan estar expuestos a las radiaciones emitidas por equipos de rayos X y fuentes radiactivas encapsuladas o no encapsuladas utilizadas en prácticas de medicina veterinaria. Este informe proporciona orientación para el desarrollo de un programa de seguridad radiológica efectivo y recomendaciones para el diseño de instalaciones y para la utilización de radiografía, fluoroscopia y equipamientos terapéuticos en medicina veterinaria. También se incluyen recomendaciones para el uso de radiofármacos en diagnóstico y terapia y el uso de equipos de láser y ultrasonido.

CONVOCATORIAS

• X Congreso nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

Del 20 al 23 de septiembre de 2005. Huelva.

Más información en:

www.sepr10.com/

• Jornadas sobre Implicaciones de los "Stakeholders" en las decisiones en protección radiológica.

Del 16 al 18 de noviembre. Salamanca. Organizadas por la SEPR en colaboración con las Sociedades de Protección Radiológica de Francia (SPRF) y Reino Unido (SRP).

OTRAS CONVOCATORIAS

JULIO

• CEFBIOS 2005—Coherence and Electromagnetic Fields in Biological Systems.

Del 1 al 4 de Julio de 2005. Praga, República Checa. Para más información contactar con Jiri Pokorny, Institute of Radio Engineering and Electronics, Academy of Sciences, Chaberska 57, CZ 182 51 Praga 8, República Checa. Teléfono: 00420 266 773 432; Fax: 00420 284 680 222; correo electrónico: <http://www.ure.cas.cz/events/cef-bios2005/>

• Advanced Training Course / Workshop on Electrón-Photon Transport Modelling Unit PENELOPE-2005 Physics, Code Structure and Operation.

Del 4 al 7 de julio de 2005. Barcelona. Introducción a la simulación Monte Carlo del transporte de radiación. Estructura y operación del código PENÉLOPE. Sesiones prácticas sobre el uso de programas genéricos; estructura del programa principal para aplicaciones específicas (dosimetría, radioterapia, etc.). Más información en: www.nea.fr/html/dbprog/penelope2005-reg.html

• IV Reunión sobre Radiación natural y medio ambiente.

Del 4 al 8 de julio de 2005. Santander. Organizado por el CSN y la Universidad de Cantabria. Más información: <http://cursos.lycos.es/ConsultaCursoP.asp?curso=147902>

• WHO International EMF Project Workshop: Applying Precautionary Measures to EMF Public Health Policy.

Del 11 al 13 de Julio de 2005. Ottawa, Canadá. Más información en la página electrónica: http://www.who.int/peh-emf/meetings/ottawa_june05/en/ o a través del correo emfproject@who.int

• 25 años del Consejo de Seguridad Nuclear en el año internacional de la física.

Del 11 al 15 de julio de 2005. El Escorial. Madrid. Este curso, patrocinado por el Consejo de Seguridad Nuclear, forma parte del programa de los cursos de verano que organiza la Universidad Complutense de Madrid. Más información en la dirección: <http://cv.sim.ucm.es/programacion.asp>.

SEPTIEMBRE

• The Tenth International Conference on Environmental Remediation and Radioactive

Waste Management (ICEM'05).

Del 4 al 8 de septiembre. Glasgow, Escocia. Más información en la dirección <http://www.icemconf.com/> o contactando con Gary Benda a través del correo electrónico info@secc.co.uk

• European Radiation Research 2005: Annual Scientific Meeting of the Association for Radiation Research and 34th Annual Meeting of the European Society for Radiation Biology.

Del 5 al 8 de septiembre de 2005. Universidad de Leicester, Reino Unido. Más información en la página electrónica: <http://www.gci.ac.uk/usr/arr/home.html/>

• International Conference Chernobyl: Looking Back to Go Forwards. Towards a United Nations Consensus on the Effects of the Accident and the Future.

Los días 6 y 7 de septiembre de 2005. Viena. Austria. Organizado por el OIEA. Para más información sobre esta conferencia consultar la página electrónica: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=141>

• MRS 2005 29th Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management.

Del 12 al 15 de septiembre. Mol, Bélgica. Más información en <http://www.nuclearmarket.com/Conferences/ConfDetails.cfm?ID=761> o en la dirección de correo electrónico mrs2005@sckcen.be

• 29th International Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management.

Del 12 al 16 de septiembre. Ghent. Bélgica. Más información en la dirección: www.sckcen.be/MRS2005

OCTUBRE

• The 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment.

Del 2 al 6 de octubre de 2005. Niza, Francia. Organizado por la Unión Internacional de Radioecología y el NRPA, en colaboración con el Journal of Environmental Radioactivity y con la cooperación del OIEA. Para más información contactar con la secretaria de la conferencia. Torum Jolle. NRPA. P.O. Box 55. NO-1332. Osteras. Noruega. Torum.jolle @nrpa.no Más información en la dirección electrónica: <http://www.teamcongress.no/events/UR20>

• I Curso Teorico-Práctico "Implementing the MARSSIM approach for design and conduct of radiological surveys".

Del 3 al 7 Octubre de 2.005. MADRID (San Sebastián de los Reyes).

Organizado por Tecnatom e impartido en colaboración con Oak Ridge Associated University (ORAU).

El curso se centra en el proceso de toma de decisiones para el diseño de la vigilancia radiológica y la aplicación de la metodología MARSSIM en la liberación de edificios y suelos de emplazamientos de instalaciones nucleares.

La mayoría de los temas serán impartidos en inglés. El número de plazas es limitado. Para más información contactar: fgonzalez@tecnatom.es

• International Conference on the Safety of Radioactive Waste Disposal.

Del 3 al 7 de octubre de 2005. Tokio, Japón. Organizado por la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA), con la colaboración de la Agencia de Energía Nuclear OECD y la Organización Japonesa de Seguridad Nuclear (JNES). Para más información sobre la conferencia consultar la dirección <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=135>

• **31ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española.**
Del 19 al 21 de octubre de 2005. Logroño. Más información en: <http://www.sne.es/>

• 3rd International Symposium Chronic Radiation Exposure: Biological and Health Effects.

Del 24 al 26 de octubre de 2005. Chelyabinsk, Rusia. Organizado por el Urals Research Center for Radiation Medicine, con la colaboración del Federal Department Medbioxtrm of the RF Ministry of Health, Comisión Europea, Organización mundial de la salud, Chelyabinsk Oblast Administration, Russian Federation Ministry for Emergencies y el Southern-Urals Research Center, RAMS. Más información en la dirección: <http://urcrm.chel.su/english/symp2005.html>

• Workshop on Application of Proteomics and Transcriptomics in EMF Research.

Del 30 De Octubre al 1 De Noviembre De 2005. Helsinki, Finlandia. Para más información consultar la página electrónica: http://www.who.int/peh-emf/meetings/proteomics_helsinki05/en/

NOVIEMBRE

• 14th International Symposium on Microdosimetry (MICROS 2005).

Del 13 al 18 de noviembre de 2005. Venecia, Italia. Más información en la página electrónica: <http://micros05.lnl.infn.it>

• International Symposium on Trends in Radiopharmaceuticals.

Del 14 al 18 de noviembre de 2005. Viena, Austria. Organizado por la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA). Más información en: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=130>

• WHO and the Australian Radiation Protection Society Workshop.

Del 14 al 18 de noviembre de 2005. Melbourne, Australia. Más información en: http://www.who.int/peh-emf/meetings/melbourne_nov05/en/ o a través de los correos electrónicos paula@leishman-associates.com.au o emfproject@who.int

• 3rd International Conference on Education and Training in Radiological Protection.

Del 23 al 25 de noviembre. Bruselas, Bélgica. Organizada por el Centro de investigación nuclear belga (SCK-CEN) y la Agencia federal belga para el control nuclear (FANC), en colaboración con la Sociedad nuclear europea (ENS). Para más información contactar con la secretaria de la conferencia: etrap2005@euronuclear.org o visitar la dirección <http://www.etrap.net>

DICIEMBRE

• European Nuclear Conference 2005.

Del 11 al 14 de diciembre de 2005. Versalles, Francia. Más información en: <http://www.sfen.fr/ene2005>

2006

• Second European Congress of the International Radiation Protection Association: "Radiation Protection: from Knowledge to Action".

Del 15 al 19 de Mayo del 2006. París, Francia. El Segundo Congreso Europeo de la International Radiation Protection Association (IRPA) está organizado por la French Society for Radiation Protection (SFRP). Desde el 15 de Febrero está abierto el plazo para el envío de resúmenes que finalizará el 15 de Septiembre del 2005. Para más información consultar en la página web: www.irpa2006europe.com

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

1. PROPÓSITO Y ALCANCE:

La revista *Radioprotección* es el órgano de expresión de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR).

Los trabajos que opten para ser publicados en *Radioprotección* deberán tener relación con la protección radiológica y con todos aquellos temas que puedan ser de interés para los miembros de la SEPR. Los trabajos deberán ser originales y no haber sido publicados en otros medios, a excepción de colaboraciones de especial interés, según criterio del Comité de Redacción. Los trabajos aceptados son propiedad de la Revista y su reproducción, total o parcial, sólo podrá realizarse previa autorización escrita del Comité de Redacción de la misma.

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

Todas las contribuciones se harán en castellano y se enviarán por correo electrónico a la dirección: redaccionpr@gruposenda.net

o por correo postal a:

SEDA Editorial. Revista *Radioprotección*.
Calle Isla de Saipán, 47
28035 MADRID

En el caso de que se utilice el correo postal, se enviarán tres copias en papel y disquete con el trabajo.

2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

La revista *Radioprotección* también se publica en formato electrónico y puede consultarse en la página de la Sociedad Española de Protección Radiológica (<http://www.sepr.es>).

3. NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA RADIOPROTECCIÓN

3.1. Tipo de contribuciones que pueden enviarse a la revista.

Las contribuciones que pueden enviarse a *Radioprotección* son:

- Artículos de investigación teórica o práctica (Normas para su preparación en el apartado 3.2).

- Revisiones técnicas sobre temas actuales de especial interés (Normas para su preparación en el apartado 3.2).

- Noticias relacionadas con la protección radiológica, tanto de España como del Mundo en general. Las noticias han de ser breves (máximo de una hoja DIN-A4 escrita a espa-

cio sencillo en *Times New Roman*, tamaño 12), de interés para los miembros de la Sociedad, redactadas en un lenguaje periodístico y deberán hacer referencia, cuando proceda, a documentos más extensos. En casos excepcionales, podrán ocupar un espacio mayor. De ser necesario por razones editoriales será preciso indicar el origen de la noticia.

- Publicaciones (revistas, libros, documentos de organismos nacionales e internacionales) de interés en el ámbito de la protección radiológica. La reseña debe incluir título, autor o autores, editorial, precio, forma de adquirirlo y extensión, así como un pequeño resumen del contenido de la publicación. Siempre que sea posible se facilitará una imagen de la portada de la publicación para que aparezca junto con la nota. La extensión de la reseña debe ser como máximo de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo en *Times New Roman*, tamaño 12.

- Recensiones de libros. La recensión supondrá que el autor ha analizado el texto de la publicación y está en condiciones de emitir un juicio crítico que ayude al lector a mostrar o no interés por la publicación recensada. Se identificará título, autor o autores, editorial, precio, forma de adquirirlo y extensión. Se facilitará así mismo una imagen de la portada de la publicación a fin de que sea reproducida en la revista junto con el texto enviado. Las recensiones han de ir firmadas por el autor de las mismas. La extensión máxima será de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo en *Times New Roman*, tamaño 12.

- Convocatorias de jornadas y congresos relacionados con la protección radiológica. Se facilitará el nombre de la convocatoria, fecha y lugar de celebración, así como un breve resumen de los aspectos más relevantes de la convocatoria. Siempre que sea posible se especificará la dirección de Internet donde aparece más información de la convocatoria. La extensión no será superior a una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo en *Times New Roman*, tamaño 12.

- Cartas al director. En ellas se podrá hacer referencia a artículos publicados con anterioridad en la revista, o exponer comentarios o sugerencias relacionadas tanto con la revista como con la SEPR, así como con cualquier otro tema relacionado con la protección radiológica que se considere de interés para los socios de la SEPR.

- Proyectos de I+D. Breves recensiones sobre aquellos proyectos relevantes que estén financiados nacional o internacionalmente. Para aquellos proyectos de investigación que

estén empezando, la nota debe incluir el título del proyecto, sus características y objetivos, instituciones implicadas y marco institucional. En aquellos casos en los que el proyecto ya haya finalizado o se encuentre en un estado avanzado de desarrollo, la nota también incluirá los resultados más relevantes obtenidos y posibles acciones futuras. La extensión no será superior a una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo en *Times New Roman*, tamaño 12.

3.2. Normas para la presentación de artículos y revisiones técnicas.

En todos los trabajos se utilizará un tratamiento de texto estándar (word, wordperfect). El texto debe escribirse a espacio sencillo en *Times New Roman*, tamaño 12. La extensión máxima del trabajo será de 12 páginas DIN-A4 para los artículos y de 6 páginas para las revisiones técnicas, incluyendo los gráficos, dibujos y fotografías.

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

3.2.1. Carta de presentación. Con cada trabajo ha de enviarse una carta de presentación que incluya el nombre, institución, dirección, teléfono, fax y correo electrónico del autor al que hay que enviar la correspondencia. Los autores deben especificar el tipo de contribución enviada (ver apartado 3.1).

3.2.2. Página del título. Esta página debe contener, y por este orden, título del artículo, primer apellido e inicial(es) de los autores, nombre y dirección del centro de trabajo, nombre de la persona de contacto, teléfono, fax, dirección de correo electrónico y otras especificaciones que se consideren oportunas. Cada autor debe relacionarse con la correspondiente institución usando llamadas mediante números.

Proporcionar una versión reducida del título para usar en el encabezamiento del trabajo, no mayor de 50 caracteres (incluyendo letras y espacios) y un máximo de 6 palabras clave que reflejen los principales aspectos del trabajo.

3.2.3. Resumen. Se escribirá un resumen del trabajo en castellano y en inglés que expresará una idea general del artículo. La extensión máxima será de **200 palabras en cada idioma**, que se debe repetir por razones de diseño y de homogeneización del formato de la revista.

- Es importante que el resumen sea preciso y sucinto, presentando el tema, las informaciones originales, exponiendo las conclusiones, e indicando los resultados más destacables.

3.2.4. Texto principal. No hay reglas estrictas sobre los apartados que deben incluirse, pero hay que intentar organizar el texto de tal forma que incluya una introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, referencias bibliográficas, tablas y figuras y agradecimientos.

Se deberían evitar repeticiones entre los distintos apartados y de los datos de las tablas en el texto.

Las abreviaturas pueden utilizarse siempre que sea necesario, pero siempre deben definirse la primera vez que sean utilizadas.

3.2.5. Unidades y ecuaciones matemáticas. Los autores deben utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SI). Las unidades de radiación deben darse en el SI, por ejemplo 1 Sv, 1 Gy, 1 MBq. Las ecuaciones deben numerarse (1), (2) etc. en el lado derecho de la ecuación.

3.2.6. Anexos. Se solicita a los autores que no incluyan anexos, si el material puede formar parte del texto principal. Si fuera imprescindible incluir anexos, por ejemplo incluyendo cálculos matemáticos que podrían interrumpir el texto, deberá hacerse después del apartado referencias bibliográficas. Si se incluye más de un anexo, éstos deben identificarse con letras. Un anexo puede contener referencias bibliográficas, pero éstas deben numerarse y listarse separadamente (A1, A2, etc.). Debe hacerse mención a los anexos en el texto principal.

3.2.7. Tablas. Las tablas deben citarse en el texto pero deben proporcionarse en hojas separadas. Deben ir numeradas con números romanos (I, II, III etc.) y cada una de ellas debe tener un título corto y descriptivo. Se debe intentar conseguir la máxima claridad cuando se pongan los datos en una tabla y asegurarse de que todas las columnas y filas están alineadas correctamente.

Si fuera necesario se puede incluir un pie de tabla. Éste debe mencionarse en la tabla como una letra en superíndice, la cual también se pondrá al inicio del pie de tabla correspondiente. Las abreviaturas en las tablas deben definirse en el pie de tabla, incluso si ya han sido definidas en el texto.

3.2.8. Figuras. Las figuras deben citarse en el texto numeradas con números arábigos, proporcionándose en hojas separadas. Las figuras aparecerán en blanco y negro en la revista, excepto casos muy excepcionales, lo que debe ser tenido en cuenta por los autores a la hora de elegir los símbolos y tramas empleados en ellas. Las **fotografías** deberán entregarse en **original** (papel o diapositiva) o como **imágenes digitalizadas en**

formato de imagen (jpg, gif, tif, power point, etc.) con una **resolución superior a 300 ppp**. Aunque las imágenes (fotos, gráficos y dibujos) aparezcan inscritas en un documento de word es necesario enviarlas también por separado como archivo de imagen para que la resolución sea la adecuada.

Cada imagen (foto, tabla, dibujo) debe ir acompañada de su **pie de foto** correspondiente.

3.2.9. Referencias Bibliográficas. Debe asignarse un número a cada referencia siguiendo el orden en el que aparecen en el texto, es decir, las referencias deben citarse en orden numérico. Las referencias citadas en una tabla o figura cuentan como que han sido citadas cuando la tabla o figura se menciona por primera vez en el texto.

Dentro del texto, las referencias se citan por número entre corchetes. Dentro del corchete, los números se separan con comas, y tres o más referencias consecutivas se dan en intervalo. Ejemplo [1, 2, 7, 10–12, 14]. Las menciones a comunicaciones privadas deben únicamente incluirse en el texto (no numerándose), proporcionando el autor y el año. La lista de referencias al final del trabajo debe realizarse en orden numérico.

Ejemplos de cómo citar las referencias bibliográficas:

Artículo de revista:

1. Ghiatas A.A., Chopra S., Schnitker J.B. Is Sonographic Flow Imaging Useful in the Differential Diagnosis of Adrenal Masses? Br. J. Radiol. 69:1005–8; 1996.

Libros:

2. Lovelock D.J. Radiation Incidents in Dentistry. In: Radiation Incidents. Pg: 6–11. Faulkner K, Harrison RM, editors. London: British Institute of Radiology, 1996.

Resúmenes de congresos:

3. Ring E.F.J., Elvins D.M., Bhalla A.K., editors. Current Research in Osteoporosis and Bone Mineral Measurement IV: 1996. Proceedings of the 1996 Bath Conference on Osteoporosis and Bone Mineral Measurement; 1996 June 24–26; Bath. London: British Institute of Radiology, 1996.

4. PROCESO DE REVISIÓN DE LOS TRABAJOS.

En el caso de artículos y revisiones técnicas, la dirección de la revista acusará recibo de los mismos, pero ello no compromete a su publicación. No se devolverá ningún origi-

nal, excepto que sea solicitado explícitamente por los autores.

Todos los artículos y revisiones técnicas recibidos serán revisados al menos por dos miembros del Comité Científico de Radioprotección. Los comentarios y sugerencias se enviarán a los autores para que sean tenidos en cuenta en la redacción final del trabajo. Si no estuvieran de acuerdo con alguno de dichos comentarios/sugerencias, deberán explicar los motivos de su desacuerdo. Una vez revisados, el Comité de Redacción decidirá finalmente cuando se publica cada trabajo.

Una vez se disponga de las pruebas de imprenta, éstas serán enviadas a los autores para que puedan revisarlas en el plazo que se indique.

El resto de contribuciones a Radioprotección (ver apartado 3.1) serán revisadas por el Comité Científico y/o de Redacción de la revista con objeto de evaluar su idoneidad para ser publicadas.

5. LISTA DE ASPECTOS A COMPROBAR ANTES DE ENVIAR LOS ARTÍCULOS Y REVISIONES TÉCNICAS.

Se invita a los autores a usar la siguiente lista de comprobaciones antes de enviar su contribución:

1. ¿Han utilizado unidades del SI?
2. Si se han usado abreviaturas ¿Son las estándar?
3. ¿Se ha usado la nomenclatura correcta?
4. ¿Será el trabajo inteligible para aquellas personas que no sean expertas en el tema?
5. ¿Se ha confeccionado la lista de referencias bibliográficas siguiendo las instrucciones de Radioprotección? (apartado 3.2.5)
6. ¿Se proporciona una versión reducida del título del trabajo?
7. Si el primer autor no es la persona de contacto ¿Se ha identificado el autor al que debe contactarse en la página del título?
8. ¿Se citan las figuras en el texto en orden correcto?
9. ¿Se han confeccionado las figuras teniendo en cuenta que se publicarán en escala de grises?
10. ¿Se citan las tablas en el orden correcto?
11. Si mandas tu contribución por correo postal ¿Se envían las tres copias en papel y el disquete?