

V Congreso Nacional del Medio Ambiente

Campos electromagnéticos

Indice

0. Presentación. Luis Ayuso y Alicia Torrego.
1. Introducción.
 - 1.1 Descripción físico-técnica, glosario de términos, unidades de medida... Luis Ayuso
 - 1.2 Tecnologías generadoras de campos electromagnéticos. Luis Ayuso
 - 1.3 Campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial. Carlos Llanos
 - 1.4 La telefonía móvil. Silvia Guzmán
2. Bioefectos de los campos electromagnéticos
 - 2.1 Bioefectos de radiaciones no ionizantes ambientales. Aportación de Alejandro Ubeda y Francisco Vargas.
 - 2.2 Efectos de los campos electromagnéticos de baja intensidad sobre los sistemas biológicos. Aportación de Ceferino Maestu y José Luis Bardasano.
3. Marco normativo
 - 3.1 Normativa sobre exposición a campos electromagnéticos. Carlos Llanos.
 - 3.2 Normativa internacional sobre exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial. Carlos Llanos.
 - 3.3 Normativas que regulan los valores límite de exposición. Silvia Guzmán.
4. Percepción pública. Pedro Costa Morata y Juan Manuel Román.
5. Conclusiones.

0. Presentación[1]

Los grupos de trabajo del Congreso Nacional del Medio Ambiente.

Desde que en 1992 comenzara su andadura el Congreso Nacional del Medio Ambiente, unos 200 grupos de trabajo han tratado otros tantos temas de gran interés e importancia para nuestra sociedad.

Las principales cuestiones medioambientales han sido abordadas por equipos de profesionales con el ánimo de realizar un diagnóstico de su situación, una crítica constructiva que permita buscar soluciones a los principales problemas, que sirva como apoyo para las personas que deben tomar decisiones al respecto, y que suponga, para aquellos que se acercan por primera vez a un tema, una panorámica general de la situación existente y de las líneas de evolución del mismo.

Los documentos fruto de la labor de los grupos de trabajo, constituyen una publicación de referencia en el ámbito medioambiental de nuestro país, y suponen un claro reflejo de los distintos planteamientos que normalmente existen acerca de cada problemática, y que permiten su evolución hacia una mayor calidad de nuestro entorno.

Para garantizar esta pluralidad de ideas, en la fase previa de elaboración de los documentos que se presentan a debate en el Congreso Nacional del Medio Ambiente se convoca a expertos de los distintos ámbitos relacionados con el tema a tratar.

Los campos electromagnéticos son un tema de gran interés, no sólo para la comunidad científica o para la industria, sino también para el público en general, puesto que desde hace unos años se viene manteniendo un debate importante acerca de si el aumento progresivo y descontrolado de los niveles de radiaciones electromagnéticas en nuestro entorno supone o supondrá un riesgo para la salud humana.

Grupos de trabajo sobre campos electromagnéticos.

Ya en el IV Congreso Nacional del Medio Ambiente, celebrado en 1994, el grupo de trabajo sobre “salud y medio ambiente” trató con detalle los efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos y el grupo de trabajo sobre “retos ambientales de sectores industriales específicos” hizo hincapié en esta problemática para dos sectores concretos: el sector eléctrico y el de telecomunicaciones. En las anteriores ediciones del Congreso, únicamente hubo breves referencias a este tema en grupos de trabajo que trataban temas relacionados con la salud o con la contaminación atmosférica.

Por eso en el V Congreso Nacional del Medio Ambiente se decidió crear un grupo de trabajo específico sobre los “campos electromagnéticos”. Como no podría ser de otra manera, en este grupo nos interesa conocer la opinión de los investigadores que trabajan sobre el tema, de las empresas que desarrollan sus aplicaciones, la de las administraciones, que regulan este desarrollo y, por supuesto, la de los ciudadanos, que somos todos, usuarios de las aplicaciones y receptores de los posibles daños que pudieran causar.

Así, se invitó a todos estos sectores y queremos constatar la importante respuesta obtenida: los Ministerios de Sanidad y Consumo y de Ciencia y Tecnología, por parte de la

administración, empresas representativas de los sectores eléctrico y de telecomunicaciones, investigadores, representantes de movimientos ciudadanos y colegios profesionales.

Todos aceptaron un reto importante, ya que la falta de conclusiones rotundas por parte del mundo científico es interpretada de distinta forma por los diferentes sectores implicados y da lugar a una polémica, que se traslada a nuestra vida cotidiana.

En este contexto, se solicitó a los participantes que nos ayudaran a elaborar un documento que describiera la situación actual de la problemática relacionada con los campos electromagnéticos.

Debido a las diferentes opiniones dentro del grupo de trabajo, se definió un índice a partir del cual, cada autor presenta una aportación independiente. El conjunto de ellas presenta una visión general de este tema que esperamos sea la base de un interesante debate en el Congreso.

La organización agradece a todos los participantes su esfuerzo e interés, y espera que el documento que aquí se presenta sirva como un acercamiento al estado actual de esta cuestión y contribuya al conocimiento y difusión de un tema que interesa profundamente a todos.

1. Introducción

1.1 Descripción físico-técnica, glosario de términos, unidades de medida... [2]

Electromagnetismo

Parte de la física que unifica el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos.

Electricidad y magnetismo se consideraron hasta iniciado ya el s.XIX como manifestaciones distintas de la naturaleza ligadas respectivamente a las cargas eléctricas y a los imanes. La historia inicial del electromagnetismo es, por tanto, la de estas disciplinas. El experimento de Oersted de 1819, las aportaciones de Ampère y el descubrimiento de la inducción por Faraday establecieron que el magnetismo no es sino una manifestación ligada a las corrientes eléctricas, es decir a las cargas en movimiento. Finalmente, hacia 1860 Maxwell propuso las ecuaciones que llevan su nombre y que constituyen la síntesis definitiva de las dos teorías en un único formulismo de gran fecundidad: de él se desprendía la existencia de las ondas electromagnéticas, producidas y detectadas por Hertz alrededor de 1890, e incluía a la óptica, ya que la luz es una onda de este tipo.

Radiación Electromagnética. Espectro Electromagnético.

La que consiste en la emisión y propagación de energía en forma de ondas, constituida por un campo eléctrico y otro magnético, compactos, perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación. La luz, así como las ondas de radio, las radiaciones infrarroja y ultravioleta y los rayos X y gamma forman parte de la radiación electromagnética y se distinguen unos de otros por su respectiva longitud de onda. En general, las ondas electromagnéticas pueden clasificarse según tres variables; energía, frecuencia y longitud de onda. La energía es proporcional a la frecuencia.

El espectro electromagnético recoge, de forma práctica y resumida la clasificación de las distintas ondas electromagnéticas en función de las tres variables referidas, permitiendo una

clara diferenciación. Uno de los espectros más considerados es el realizado por ITU (International Telecommunication Union), el cual adjuntamos.

Energía (Electrón - Voltio)

La Unidad de energía (electrónvoltio), es igual a la energía cinética que adquiere un electrón al ser acelerado por una diferencia de potencial de 1 volt. Equivale a $1,602 \times 10^{-19}$ joules. Se utiliza en física atómica y nuclear, y su símbolo es eV. Dicha energía, transformada en luz, es la que se denomina fotón, es decir; partícula elemental de masa nula y spin unidad que constituye el cuanto de luz y, más en general, de cualquier radiación electromagnética.

Frecuencia (Hertzio)

Cuando una partícula cargada está bajo la influencia de un campo magnético B de tal modo que su velocidad inicial es perpendicular a B, recorre una órbita circular con una frecuencia característica (f) igual a :

$$f = \frac{qB}{2m}$$

La unidad de frecuencia es el Hertzio (Hz), que equivale a una oscilación por segundo.

q, carga eléctrica de la partícula.

m, masa de la partícula.

B, inducción magnética ($1 \text{ Vs/m}^2 = \text{Tesla} = \text{Voltio} \times \text{seg} / \text{m}^2$).

Longitud de onda electromagnética

Se relaciona con la frecuencia y la velocidad por la expresión :

$$V = f \times l$$

l, longitud de onda electromagnética, se expresa en metros.

V, en el espacio libre, la velocidad de una onda electromagnética es igual a la velocidad de la luz.

1.2 Tecnologías generadoras de campos electromagnéticos.[3]

Antes de describir cuales son las tecnologías generadoras de CEM debemos recordar que, de forma permanente, incluso antes de nacer, estamos expuestos a la acción de campos electromagnéticos naturales, entendiendo como tales aquellos que están ligados al planeta Tierra. Entre la Atmósfera y el suelo existe una separación de carga eléctrica que implica la existencia de un campo eléctrico superficial. Además, la Tierra se comporta como un imán permanente.

Por definición, se entiende por Tecnología a la sistematización de los conocimientos y prácticas aplicables a cualquier actividad y más concretamente a los procesos industriales.

En el Espectro Electromagnético realizado por ITU (International Telecommunication Union), adjunto a este documento, se indican (en la parte superior), algunos de los procesos y equipos industriales más significativos que son generadores de CEM, posicionándolos respecto a las tres variables mencionadas; energía, frecuencia y longitud de onda. Una de las características más destacadas del mencionado espectro es marcar de forma clara el límite entre los CEM no ionizantes y los ionizantes.

Bajas frecuencias

Instalaciones eléctricas industriales

Dentro de las instalaciones de transporte y distribución de energía eléctrica que actúan en baja frecuencia (50 Hz.), los CEM más significativos son los debidos a los tendidos de alta tensión y a las subestaciones eléctricas. En los tendidos eléctricos los CEM se caracterizan por el voltaje de la línea y por la disposición y configuración de los conductores. En las subestaciones eléctricas los CEM más intensos son generados por las líneas de entrada o de salida.

Aparatos domésticos

La inmensa mayoría de equipos que utilizamos, o de los que nos servimos, en el desarrollo de nuestras actividades diarias están activados por corriente eléctrica. Podemos decir que estamos todos, de forma permanente, expuestos a la acción de CEM. Relacionamos los siguientes equipos electrodomésticos, todos ellos generadores de CEM Manta eléctrica, plancha, tostador de pan, televisión, horno eléctrico, secador de pelo, lámpara fluorescente....

Electrodomésticos (línea blanca)

En la Unión Europea se está actualmente trabajando para elaborar una normativa específica que fijará, en los electrodomésticos, los niveles permitidos de emisión de CEM. A partir de esta normativa cada aparato electrodoméstico incluirá en su folleto de características las relativas a su nivel de emisión de CEM. Sin duda, este nuevo aspecto a considerar en la elección del aparato tendrá una gran repercusión económica.

Radiofrecuencias

Delimitadas por la franja comprendida entre 100 KHz. y 300 MHz.

AM y FM

Microondas

Delimitadas por la franja comprendida entre 300 MHz. y 300 GHz.

Horno Microondas.

Radar

Sistemas de Comunicación.

La telefonía móvil (o celular), de tan rápida y creciente implantación actualmente emplea bandas situadas entre los 850 y 950 MHz., con transmisión directa. Numerosos emisores - receptores son necesarios para conseguir las mayores coberturas del territorio.

A continuación se presenta una descripción más detallada de las tecnologías generadoras de CEM a partir de la utilización de la energía eléctrica y de las tecnologías generadoras de CEM a partir de la utilización de la telefonía móvil.

1.3 Campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial[4]

1.3.1. Introducción

Es indiscutible que la energía eléctrica ha contribuido notablemente al desarrollo y bienestar de la Humanidad, posiblemente más que ningún otro descubrimiento. Hoy en día la electricidad es imprescindible en todos los aspectos de nuestra vida, ya sea doméstica, profesional o en los ratos de ocio; no hay más que pensar en cómo se paraliza todo cuando falta la energía eléctrica. Sin embargo, al igual que cualquier otro elemento, también es cierto que su generación, distribución y uso plantea una serie de riesgos y perjuicios para el medio ambiente.

Un aspecto controvertido de la energía eléctrica es la generación de campos eléctricos y magnéticos y, más concretamente, la posibilidad de que estos campos afecten de forma negativa al medio ambiente y a la salud de las personas expuestas. En este documento se trata de hacer un resumen de lo que se sabe actualmente sobre este tema.

1.3.2. Sistema eléctrico

Al contrario de lo que sucede con otras fuentes de energía (gas, petróleo, carbón...), la electricidad no se puede almacenar en grandes cantidades: toda la energía eléctrica que se necesita en un momento determinado tiene que generarse de forma simultánea a cuando se consume. Para ello se necesita un equilibrio permanente y complejo entre generación y consumo, y una red de transporte que distribuya esa electricidad allá donde sea necesaria: hogares, escuelas, hospitales, industrias, etc.

En España, al igual que en toda Europa occidental, la energía eléctrica que se produce en las centrales es transportada por todo el país a través de las líneas eléctricas conocidas habitualmente como “de alta tensión”, a 220.000 ó 400.000 voltios (220 ó 400 kV). Aunque en otros países, como Estados Unidos, Canadá, Rusia o Brasil se alcanzan 750 kV, y en Japón existe incluso una línea eléctrica a 1.000 kV.

Las subestaciones eléctricas constituyen los nodos de la red de transporte, y su función consiste en distribuir la energía por cada línea en función de la generación y consumo de cada zona y transformarla a tensiones inferiores para alimentar a la red de media tensión, que es la que suministra a centros urbanos y grandes industrias. En los centros urbanos la energía a media tensión llega a los transformadores, a partir de los cuales se distribuye a 220 V para el consumo doméstico.

Mediante un adecuado mallado de líneas y subestaciones de alta tensión que cubra todo el territorio se consigue una red de transporte de energía eléctrica segura y fiable, capaz de minimizar las pérdidas y garantizar el suministro a toda la población.

1.3.3. Campos electromagnéticos

Se denomina 'campo' a la zona del espacio donde se manifiestan fuerzas. Por ejemplo, el campo gravitatorio es la zona donde se manifiestan fuerzas gravitatorias, que son las que hacen que tengamos un determinado peso; en ausencia de campo gravitatorio flotaríamos, como los astronautas en el espacio. La fuerza que ejerce un campo en las partículas que están en su interior se conoce como su 'intensidad'; siguiendo el ejemplo anterior, la Luna, al ser mucho más pequeña que la Tierra, genera un campo gravitatorio menos intenso, y por eso los astronautas pesan menos en la Luna.

Al igual que la masa de las partículas genera un campo gravitatorio, las cargas eléctricas y su movimiento crean campos eléctricos y magnéticos, es decir, zonas donde se manifiestan fuerzas eléctricas y magnéticas. El campo eléctrico se mide en kilovoltios por metro (kV/m) y el campo magnético se suele medir en microteslas (mT), aunque en algunos países se utilizan otras unidades, como el Gauss (G).

Los campos electromagnéticos se dan de forma natural en nuestro entorno, y nuestro organismo está habituado a convivir con ellos a lo largo de nuestras vidas. Por ejemplo, en la Tierra existe un campo eléctrico natural producido por la diferencia de tensión entre la atmósfera y el suelo; normalmente su intensidad es de unos 0,15 kV/m, aunque puede llegar a 20 kV/m durante las tormentas. El movimiento de materiales magnéticos en el interior de la corteza terrestre crea un campo magnético natural que, entre otras cosas, es el responsable de que la brújula apunte siempre al norte; su valor oscila dependiendo de la posición en el globo terráqueo, situándose alrededor de 40 mT en España.

También de origen natural son los rayos infrarrojos y ultravioletas que emite el Sol, o los rayos X y gamma provenientes del espacio; incluso la propia luz visible que percibimos con los ojos no es más que una onda electromagnética.

Todos estos campos y radiaciones forman parte del 'espectro electromagnético', y tienen muchas características físicas comunes. La principal diferencia entre ellas es su frecuencia, que determina tanto la energía que transmiten como los efectos biológicos que pueden producir en los organismos.

La energía que transmite una onda electromagnética depende linealmente de su frecuencia. Si la frecuencia/energía es suficientemente elevada la onda puede afectar al material genético de las células, el ADN, produciendo mutaciones e iniciando un proceso cancerígeno. Éste es el caso de los rayos X o gamma, conocidos agentes cancerígenos, cuya frecuencia es superior a 10¹⁶ Hz; a esta región del espectro electromagnético se le conoce como 'radiación ionizante'.

Sin embargo, el sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja, a 50 Hz (ó 60 Hz en algunos países americanos), conocida como 'frecuencia industrial', perteneciente a la región de las 'radiaciones no ionizantes' del espectro. Por lo tanto, los campos de frecuencia industrial son muy poco energéticos e incapaces de afectar al material genético de las células.

Además, a frecuencias tan bajas el campo eléctrico y magnético están desacoplados y no pueden viajar por el espacio (como lo hacen, por ejemplo, las ondas de radio), lo que implica que su intensidad disminuye muy rápidamente al alejarse de la fuente que los genera.

Las líneas eléctricas generan un campo eléctrico cuando los cables conductores son sometidos a una determinada tensión, y un campo magnético cuando fluye por ellos una corriente eléctrica. Su intensidad depende de diversos factores, como la tensión, la intensidad de la corriente eléctrica, diseño del apoyo, número de conductores, altura de los cables al suelo, etc.

Las mediciones realizadas en líneas españolas de 400 kV proporcionan valores máximos, justo debajo de los conductores ³/₄ y medidos a 1 metro de altura del suelo como indica la normativa internacional³/₄ que oscilan entre 3-5 kV/m para el campo eléctrico y 1-20 mT para el campo magnético. En líneas de menor tensión los valores máximos de campo eléctrico y magnético son, asimismo, inferiores. A 30 metros de distancia de una línea eléctrica a 400 kV el nivel de campo eléctrico oscila entre 0,1-1,3 kV/m, y el de campo magnético entre 0,2-2 mT, siendo inferior a 0,1 kV/m y 0,1 mT a partir de 100 metros de distancia.

Una característica importante del campo eléctrico es que, al contrario que el campo magnético, es apantallado por muchos materiales comunes. En particular, las paredes y techos de los edificios hacen que el nivel de campo eléctrico en el interior de un inmueble sea prácticamente nulo, aunque esté situado debajo de una línea eléctrica de alta tensión.

En el interior del 'parque' de una subestación de 400 kV, es decir la zona donde está toda la aparamenta eléctrica y el paso está restringido únicamente a trabajadores, los niveles de campo eléctrico y magnético pueden ser superiores a los generados por las líneas. Sin embargo, disminuyen aún más rápidamente al alejarnos, de tal manera que fuera del perímetro de la subestación, en sitios donde pueda tener acceso el público, los niveles de campo eléctrico y magnético serán incluso inferiores a los que generan las propias líneas eléctricas que llegan hasta ella.

Todo aparato o equipo que funcione con energía eléctrica genera unos campos eléctricos y magnéticos de las mismas características, y a veces más intensos que los generados por las propias instalaciones de alta tensión, porque están mucho más cerca del usuario. A modo de ejemplo, una maquinilla de afeitarse o un secador de pelo puede inducir en la piel del usuario un campo magnético hasta diez veces más intenso que el generado por una línea eléctrica a 400 kV.

1.4 Telefonía móvil[5]

1.4.1 Introducción

La telefonía móvil es un servicio de telecomunicación que se presta entre al menos un usuario de localización no determinada (móvil), situado dentro de un área definida con otros fijos o móviles.

La telefonía móvil, ha conseguido universalizar el servicio de la telefonía pública a todos los usuarios que por su situación no gozaban del servicio básico, sustituyéndose la línea de abonado por un enlace de radio.

Por ello se ha instalado en nuestro país un sistema celular que gestiona de manera económica y eficaz el servicio de telefonía móvil.

Las principales características de la telefonía móvil son las siguientes:

- § Comparición de recursos (radiocanales)
- § Utilización como unidad patrón de cobertura la celda o célula
- § Conmutación o traspaso HANDOFF o HANDOVER
- § Seguimiento o ROAMING
- § Establecimiento de Redes de Conmutación mállales o jerarquizadas.

1.4.2. Elementos de un sistema de telefonía móvil

§ Terminales

El elemento básico del sistema es el terminal o teléfono móvil, que es la interfaz con el cual establecemos la comunicación con otros usuarios. Es un elemento dinámico.

Existen diferentes tipos de terminales:

§ Móviles portátiles, aquellos de tamaño reducido y que tiene unas potencias de emisión entre 0,6 2W.

§ Móviles portables, están cada día más en desuso debido a su elevado peso.

§ Tracs, son teléfonos móviles, cuya finalidad es complementar a la red básica en su afán por llevar a todos los rincones de nuestro país el servicio telefónico.

§ Estaciones base

Son los puntos de conexión del terminal con la red celular, es el elemento básico del sistema celular, cada célula o celda tiene un área de responsabilidad en superficie a la cual da servicio o "obertura".

Las estaciones base están constituidas por:

Antenas que reciben y transmiten la señal de radio desde y hacia el terminal móvil:

§ Omnidireccionales, fueron creadas para dar servicio a lo largo de un perímetro circular, aptas para zonas rurales de orografía llana.

§ Sectoriales, aptas para zonas urbanas y montañosas, permiten poder evitar las denominadas zonas de sombra

Casetas con los equipos electrónicos (transmisores y receptores de radio).

Las estaciones base están conectadas a centrales de conmutación propias del sistema móvil, las cuales, a su vez, conectan al usuario con cualquier otro teléfono móvil o fijo.

§ Centrales de conmutación

La central de conmutación es el elemento organizador de la red.

1.4.3. ¿Cómo se efectúa una comunicación desde el móvil?

Supongamos que un teléfono móvil llama a un teléfono fijo, antes de efectuar la llamada tendrá que haber sincronizado con el canal de control de celda, una vez efectuada la operación, enviará junto con su identificativo, el número de teléfono llamado, primero habrá que validar el abonado. Una vez dada por buena el sistema encaminará la llamada hasta una salida a tierra y ahí comenzará la búsqueda en la RTB (red de Telefonía Básica) del teléfono fijo, cuando se lo envíe a la central primaria o urbana correspondiente se establecerá el circuito completo y los dos abonados tendrán establecida su conferencia.

En el caso de que un abonado de la RTB, llama a un móvil, la llamada irá a través de las centrales de conmutación de tierra hasta llegar a una con unión a una móvil, esta mirará la numeración y hará una consulta a la ficha del abonado, una vez efectuada la consulta el sistema sabe donde buscar al abonado y lanzando un requerimiento a las estaciones base de esa área, se encuentra al abonado y establece la comunicación.

1.4.4. Evolución de la telefonía móvil

§ Sistemas analógicos de 1º generación, estandar TACS/ETACS-TMA 9000.

Se denominan analógicos porque el protocolo entre el terminal móvil y la estación base se produce mediante una modulación analógica. Trabaja en la banda de 900MHz, y las frecuencias ETACS_ 872-915Mhz y TACS 917-960 Mhz.

§ Sistemas celulares digitales de 2º generación, el sistema adoptado por nuestro país es el GSM (Global System for Mobile) y DCS (Digital Communication System)

Es un sistema totalmente digital y por tanto también orientado a la transmisión de datos. Banda de 900 y 1800 MHz. Frecuencias, GSM 900: 890-915 y 935-960 Mhz y DCS-1800, 1710-1880 Mhz.

§ Sistemas Celulares digitales de 3º generación

Por último, no debemos olvidar las mejoras que promete la tercera generación para todos los conceptos de multimedia móvil. UMTS, la tan manida tercera generación, nos aportará una red de paquetes radio de 2Mbs. Esto permitirá realizar prácticamente cualquier tipo de comunicación: Videoconferencia, descargas de audio en tiempo real, etc. Existirán diversos dispositivos para diversos usuarios y situaciones, y por supuesto aparecerán gran número de nuevos accesorios o incluso ‘teléfonos desmontables’, donde sobre un pequeño núcleo podrá añadir accesorios. El aspecto genérico de estos dispositivos pasará por una pantalla lo más grande posible, táctil, y con capacidades gráficas similares a los monitores de sobremesa.

No olvidemos sin embargo que mucho de las nuevas tecnologías tienen aún aspectos por definir que limitarán las nuevas aplicaciones, y no son el ancho de banda. Estas limitaciones pueden ser la capacidad de las baterías; los aspectos de reconocimiento de voz; y el tamaño de los terminales.

2. Bioefectos de los campos electromagnéticos.

2.1 Bioefectos de radiaciones no ionizantes ambientales[6]

2.1.1. Percepción de riesgo ante exposiciones a radiaciones no ionizantes; la necesidad de una regulación internacional

La información que en la actualidad poseemos sobre los efectos biológicos de las exposiciones a radiaciones no ionizantes (RNI) es todavía limitada e incompleta. Teniendo en cuenta esta carencia y reconociendo que existe una necesidad de establecer unos criterios adecuados de seguridad ante exposiciones a RNI en ambientes ocupacionales y residenciales, las autoridades sanitarias nacionales e internacionales han optado por formar comités de expertos encargados de estudiar el problema. Así, la Organización Mundial de la Salud (OMS) encargó a la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) la elaboración de un paquete de normas consensuadas para la protección de los ciudadanos ante RNI. Esta comisión publicó sus conclusiones en 1998. Un año después, el Consejo de la Unión Europea (CUE) hizo suyos los criterios y conclusiones de ICNIRP y redactó una Recomendación para la protección del público en general (no aplicable a trabajadores) ante eventuales efectos nocivos de la exposición a campos electromagnéticos no ionizantes (0 Hz – 300 GHz). España, al igual que la mayor parte de los países europeos, aprobó la citada Recomendación en 1999.

La literatura científica citada en el presente texto coincide en términos generales con la revisada por ICNIRP. Sin embargo, en nuestro documento tendremos también en cuenta resultados recientes, que no habían sido publicados en las fechas en que ICNIRP emitió sus directrices. Incluiremos, asimismo, algunos datos sobre niveles de seguridad que están vigentes en algunos países europeos y que se basan en criterios diferentes de los empleados por ICNIRP en la elaboración de sus conclusiones.

Los criterios ICNIRP para la elaboración de sus límites de exposición

El grupo de expertos de ICNIRP llevó a cabo un estudio exhaustivo de la literatura científica y realizó una “evaluación de la credibilidad de los datos publicados.” En esta evaluación sólo se tuvieron en cuenta aquellos efectos que los citados expertos calificaron como “bien establecidos.” Concretamente, la potencial inducción de enfermedades (determinados tipos de cáncer, principalmente) por exposición crónica a CEM no fue considerada bien establecida y, por tanto, los límites ICNIRP están basados en efectos inmediatos sobre la salud. Dichos efectos comprenderían: la estimulación de nervios periféricos y músculos, shocks y quemaduras provocados por contactos con objetos conductores, e incrementos de temperatura de los tejidos causados por absorción de energía durante exposiciones a CEM.

Por otra parte, la valoración de los posibles efectos de las RNI no puede hacerse sin tener en cuenta el hecho de que la identificación de una respuesta biológica no implica directamente la existencia de un efecto perjudicial para la salud. En consecuencia, para agentes capaces de provocar en humanos respuestas significativas, su consideración de peligrosos o inocuos habrá de ser determinada en función de las características específicas de la respuesta. Tales características incluyen: la irreversibilidad del efecto, la incapacidad fisiológica del sujeto para compensar el efecto, y una alta probabilidad de que la respuesta conduzca a efectos nocivos para el individuo [Repacholi et al., 1998].

2.1.2. Revisión de bioefectos relevantes para el establecimiento de límites para exposiciones a frecuencias 0 Hz – 100 khz

2.1.2.1. Epidemiología de cáncer y enfermedades neurodegenerativas en humanos.

Tomados en su conjunto, los datos sobre riesgos de cáncer asociados a la exposición a campos de frecuencias muy bajas (ELF) en sujetos que viven en las proximidades de líneas de distribución eléctrica muestran una aparente consistencia, revelando un moderado incremento en la incidencia de leucemia en niños y no de otros tipos de cánceres (para un estudio reciente ver Ahlbom y col., 2000). Sin embargo, resultados negativos de otros estudios han sido interpretados por diversos expertos como indicativos de que la citada asociación es cuestionable (para un metaanálisis de la epidemiología del cáncer ver Wartenberg, 1998). Las bases de una supuesta relación entre leucemia y exposición a campos ELF son desconocidas, por lo que algunos investigadores especulan sobre la posibilidad de que otros factores, generalmente agentes polucionantes químicos potencialmente ligados a la presencia de las líneas, pudieran ser los verdaderos causantes de la débil asociación descrita. Por tanto, y a falta de un soporte experimental más firme, ICNIRP consideró en sus directrices que los datos epidemiológicos eran insuficientes para justificar la recomendación de niveles de seguridad más restrictivos.

Existen también datos sobre incrementos en el riesgo de ciertos tipos de cáncer, tales como leucemia, tumores del sistema nervioso y cáncer de mama entre trabajadores expuestos crónicamente a campos relativamente intensos [Floderus y col., 1994; Tynes y col. 1996; Feichting y col., 1998]. Asimismo, un grupo de estudios epidemiológicos recientes ha revelado una tendencia al incremento de riesgo de algunas enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer y esclerosis múltiple, generalmente) en trabajadores de

empresas e industrias relacionadas con la generación y distribución de energía eléctrica [Davanipour y col., 1997; Johansen y col., 1999]. La metodología empleada en muchos de estos estudios es objeto de crítica debido a una ausencia de dosimetría de campos para dichos trabajadores y a la existencia de posibles factores de confusión (presencia de tóxicos volátiles en el medio laboral, por ejemplo) que no fueron tenidos en cuenta en algunas investigaciones. Dado que en otros estudios similares no se ha encontrado asociación entre cáncer y exposición ocupacional a campos ELF, ICNIRP y CUE entienden que la evidencia existente sobre incidencia de cáncer en trabajadores del sector eléctrico es limitada e insuficiente.

2.1.2.2. Datos experimentales sobre efectos cancerígenos.

Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre diferentes sistemas biológicos con objeto de valorar experimentalmente la supuesta carcinogenicidad de las exposiciones a campos electromagnéticos de frecuencias bajas. En los siguientes puntos se resume la evidencia obtenida de los trabajos realizados sobre sistemas in vivo (organismos completos). a. Cáncer de mama en animales. No existe evidencia de que los campos de 50/60 Hz pueden provocar efectos cancerígenos a través de alteraciones en la estructura del ADN. Por tanto, es improbable que dichos campos actúen como iniciadores del proceso de transformación neoplásica [Tenforde, 1996]. Si estos campos ELF resultasen ser cancerígenos, actuarían más bien como promotores, acelerando el crecimiento (o impidiendo la muerte) de células que hubieran sufrido daño genético anterior. Tales efectos podrían darse a través de alteraciones en las vías de señalización celular o en la expresión génica. Por ese motivo, se han realizado preferentemente estudios dirigidos a detectar posibles efectos de campos de 50/60 Hz en la evolución de tumores previamente iniciados en roedores mediante carcinógenos químicos o radiaciones ionizantes. En general, de entre estos estudios, aquellos que han detectado un efecto carcinógeno lo han hecho en tumores de piel o de mama y en animales expuestos a campos muy intensos (de hasta 2 mT) [Liburdy y Löscher, 1997]. Sólo dos trabajos [Mevissen y col., 1993; Löscher y col., 1994] procedentes de un mismo laboratorio, han mostrado una tendencia de incremento en la tasa de desarrollo tumoral en ratas expuestas a campos débiles, en el rango de los microteslas. En ambos estudios se observó que dicho efecto iba acompañado de una reducción de la secreción nocturna de melatonina, una hormona supuestamente (Véase punto c del presente apartado). Un intento de réplica independiente de estos estudios, realizado recientemente, no tuvo éxito. En tanto los estudios citados no sean replicados y, en su caso, ampliados mediante investigaciones independientes, no es posible emitir conclusiones sobre los posibles efectos de los campos de 50/60 Hz sobre la promoción tumoral en cáncer de mama.

b. Otras formas de cáncer en animales. Una revisión general de los datos experimentales muestra que, con la excepción de los citados estudios sobre tumores mamarios, existe poca evidencia indicativa de que campos magnéticos ELF tengan un efecto cáncer-promotor. Sobre la base de su revisión de la literatura, ICNIRP concluye que no existe por el momento evidencia “convinciente” de efectos cancerígenos de la exposición a CEM ELF. Sin embargo la Comisión entiende que son necesarios estudios más completos sobre modelos animales para clarificar los posible efectos de los campos ELF sobre las señales

celulares y la regulación neuroendocrina, factores que pueden influir en el desarrollo de tumores a través de la promoción de la división en células previamente iniciadas.

c. La hipótesis de la melatonina. La melatonina (MEL), el mediador químico de la glándula pineal (GP), es sintetizada y secretada por dicha glándula siguiendo un ciclo circadiano de luz-oscuridad ambiental. Los resultados de diversos estudios indican que la melatonina y sus análogos pueden actuar como poderosos oncostáticos, alterando el crecimiento de células cancerosas, tanto in vivo como in vitro. Por ejemplo, la administración de MEL se ha mostrado efectiva en la supresión de cáncer mamario inducido por el carcinógeno químico DMBA [Kothari y Subramanian, 1992].

Según la denominada Hipótesis de la Melatonina [Stevens, 1992] una reducción en los niveles de MEL en sangre causada por exposiciones a CEM, provocaría una desregulación de la síntesis de esteroides y un incremento de la incidencia de cánceres hormona-dependientes (mama, próstata). En efecto, existe evidencia de que campos eléctricos y magnéticos relativamente débiles, de 50/60 Hz, pueden suprimir la síntesis de melatonina en algunos mamíferos (roedores, generalmente). Así, se ha descrito una disminución de la concentración de MEL en suero de ratas [Selmaoui y Touitou, 1995], hámsters [Yellon, 1994] y ratones [Löscher y col., 1994] expuestos a campos magnéticos. Por el contrario, John y col. (1998) no han encontrado alteraciones en los niveles de 6-sulfatoxymelatonina (principal metabolito de la MEL) en ratas expuestas a CM. Tampoco Levine y col. (1995) observaron efectos sobre el metabolismo de la GP en ratones expuestos a campos magnéticos; ni se han encontrado efectos consistentes de CEM sobre la síntesis de MEL en otros animales, tales como ovejas y primates no humanos [Rogers y col., 1997].

Por lo que se refiere a trabajos sobre voluntarios humanos, se ha experimentado sometiendo a los sujetos a exposiciones cortas (una noche) a CEM de 50 Hz o 60 Hz, y de 1 mT, 20 mT o 100 mT [Graham, 1996a, 1996b]. Estos trabajos no mostraron cambios significativos en la concentración de MEL en suero de los sujetos. Sin embargo, algunos estudios más recientes sí han proporcionado indicios de efectos sobre niveles de MEL y/o sobre el sueño en sujetos expuestos en su medio laboral [Burch y col., 1999], y en voluntarios sometidos a campos intensos [Åkerstedt y col., 1999; Graham y Cook, 1999]. Pero en estos casos los efectos resultaron ser sutiles, se detectaron en una baja proporción de sujetos y desaparecían inmediatamente una vez eliminada la exposición.

En consecuencia, siendo contradictorios y faltos de consistencia los datos con que contamos, la conclusión más aceptada es que en el presente no existe confirmación de que la exposición a campos ambientales típicos altere significativa e irreversiblemente los niveles de melatonina en humanos. No obstante, las indeterminaciones surgidas de los citados datos contradictorios deben ser resueltas, por lo que la ampliación del conocimiento científico respecto a los posibles efectos de campos eléctricos y magnéticos intensos sobre la GP y la síntesis de MEL constituye hoy una prioridad [Repacholi y col., 1998].

2.1.2.3. En definitiva, dada la falta de pruebas más firmes sobre los supuestos efectos nocivos de los CEM ambientales de frecuencias bajas, sólo se ha admitido como probadas aquellas respuestas que pudieran deberse a la inducción de cargas y corrientes eléctricas capaces de afectar al funcionamiento de células y tejidos eléctricamente excitables, como las células del sistema nervioso. Y puesto que en los seres vivos existen de por sí corrientes eléctricas endógenas, provocadas por reacciones químicas normales, se ha propuesto que sólo aquellos CEM capaces de inducir corrientes significativamente más intensas que las fisiológicas podrían ser susceptibles de provocar efectos adversos inmediatos. Aunque,

como veremos más adelante, diversos autores han propuesto explicaciones alternativas a algunos efectos atribuidos a CEM muy débiles, el mecanismo de respuesta basado en la estimulación de células excitables eléctricamente es hoy el único admitido universalmente. En consecuencia, las restricciones propuestas por ICNIRP-CUE se basan en este criterio.

2.1.3. Revisión de bioefectos relevantes para el establecimiento de límites para exposiciones a frecuencias 100 khz – 300 ghz.

2.1.3.1. Respuesta humana a los efectos térmicos de las radiofrecuencias en general.

La evidencia experimental de la que disponemos en la actualidad indica que exposiciones de 30 minutos a radiofrecuencias (RF) con tasas de absorción específica (SAR) de 1 a 4 W/kg provocan en humanos en reposo incrementos de temperatura inferiores a 1 oC. La exposición a SAR más intensos puede superar la capacidad termorreguladora de los sujetos y provocar niveles peligrosos de hipertermia. Estos datos constituyen la base sobre la que ICNIRP ha establecido el nivel de 0,08 W/kg como límite de seguridad recomendado para exposiciones del público en general.

La exposición a niveles no térmicos de CEM RF pulsados lo suficientemente intensos, puede provocar efectos tales como fenómenos auditivos o diversas respuestas conductuales. Hace años, algunos estudios dieron cuenta de observaciones sobre potenciales daños severos en la retina de sujetos expuestos a CEM pulsados. Aquellos resultados, sin embargo, no han sido reproducidos posteriormente en trabajos independientes. Asimismo, algunos datos epidemiológicos, principalmente sobre trabajadores expuestos a SAR relativamente elevados, pero incapaces de inducir hipertermia, mostraron indicios de potenciales efectos adversos sobre la salud [Ouellet-Hellstrom y Stewart, 1993]. Dichos trabajos se enfocaron mayoritariamente en potenciales efectos sobre el desarrollo embrionario temprano y en posibles incrementos de riesgo de cáncer entre sujetos expuestos. Estos efectos no han podido ser confirmados.

En su conjunto, los estudios realizados no han aportado pruebas firmes de efectos térmicos nocivos provocados por exposiciones a CEM RF en ambientes ocupacionales o residenciales típicos.

2.1.3.2. Efectos no térmicos. Estudios de respuesta a RF de amplitud modulada empleadas en telecomunicación.

a. POSIBLES EFECTOS EN HUMANOS. La energía emitida por las antenas de telefonía móvil instaladas en postes o en azoteas es relativamente débil, por lo que no cabe esperar que de la exposición a sus emisiones, incluso a pocos metros de distancia, se deriven efectos térmicos nocivos para la salud. Así lo indican también las extrapolaciones de datos experimentales sobre modelos in vivo e in vitro [revisión por Úbeda y Trillo, 1999].

Respecto al teléfono móvil (TM), se ha sugerido que su uso prolongado y frecuente podría provocar dolores de cabeza [Frey, 1998].

Así, un estudio epidemiológico realizado por Mild y col., (1998) entre usuarios de teléfonos móviles, indicaba que éstos mostraban una tendencia a declararse aquejados de dolor de cabeza con más frecuencia que los usuarios de teléfonos convencionales. El estudio, sin embargo, no se considera concluyente debido a limitaciones metodológicas y a potenciales diferencias socioculturales entre las dos muestras comparadas. Por otra parte, Leeuwen y col. (1999) han descrito que, en las peores condiciones de uso y con el modelo de teléfono de mayor potencia de emisión (máxima potencia: 1,6 W/kg), podrían darse, en zonas intracraneales inmediatas a la antena del teléfono, microincrementos de temperatura inferiores o iguales a 0,1 oC. Teniendo en cuenta que el tejido nervioso del cerebro, por su necesidad de equilibrio térmico, está muy fuertemente vascularizado, se calcula que los hipotéticos microincrementos de temperatura serían disipados inmediatamente por la sangre circulante. Así, los autores del trabajo citado indican que “no cabe esperar efectos duraderos derivados de la exposición.”

Por lo que se refiere a la epidemiología del cáncer en humanos, una publicación reciente de Moulder y colaboradores (1999) presenta una revisión crítica de los estudios experimentales y epidemiológicos más relevantes en los últimos años. Los autores afirman. “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”. En el pasado año se presentaron dos trabajos similares sobre usuarios de teléfonos móviles que han sido fuente de controversia por las posibles implicaciones de sus resultados en la etiología del cáncer. Un estudio preliminar, realizado por Muscat (1999) no detectó incremento de cánceres cerebrales en general, aunque se encontró un riesgo incrementado de tumores en el lado del cerebelo en el que se aplicaba el TM. No obstante, el mismo incremento se detectó en usuarios de teléfonos convencionales. El estudio reporta un incremento significativo estadísticamente (2-3 veces más que en controles) de tumores neuroepiteliales. Sin embargo no se encontró efecto de dosis en la respuesta (el riesgo no era mayor para aquellos sujetos que usaron más el TM). Asimismo, Hardell y col. (1999) compararon frecuencias de cánceres cerebrales entre usuarios de TM y no usuarios (controles). No se observaron diferencias. Se encontró una tendencia, aunque no significativa estadísticamente, a un exceso en la frecuencia de tumores en el lóbulo temporal/occipital derecho (la región más próxima a la antena durante el uso del teléfono) para sujetos que usaban el teléfono con la mano derecha: (2,45 veces más entre los usuarios de TM). Asimismo, se encontró un incremento no significativo en la frecuencia de tumores en el lóbulo temporal/occipital izquierdo en sujetos que usaban el teléfono con la mano izquierda (2,40 veces más entre los usuarios de TM). Al valorar la relevancia de los resultados de ambos estudios, en su conjunto, es imperativo tener en cuenta que los datos presentan inconsistencias y divergencias, y no son en absoluto

concluyentes. La cuantificación de los niveles de exposición de los sujetos incluidos en estos trabajos fue muy poco precisa. Además, las muestras consideradas eran pequeñas y los incrementos relativos de riesgo, no significativos estadísticamente. Son necesarios más estudios, realizados con una metodología más refinada, y muestras de mayor tamaño para dar respuesta a las cuestiones planteadas por estos trabajos.

También se han llevado a cabo estudios sobre voluntarios que eran expuestos a radiaciones de telefonía móvil en ambientes controlados. Los resultados han mostrado respuestas relativamente inconsistentes y difíciles de interpretar desde el punto de vista de posibles efectos sobre la salud. De hecho, se han reportado posibles respuestas no térmicas, reversibles, en algunos de los sujetos expuestos [Roschket y Mann, 1997; Wagner y col., 1998; Borbely y col., 1999; Preece y col., 1999]. Sin embargo, estos efectos, por su naturaleza (cambios inespecíficos en el electroencefalograma, o mayor velocidad de respuesta en tests), constituyen indicios de potenciales respuestas biológicas ante una excitación eléctrica, más que efectos nocivos capaces de provocar daños permanentes en la salud del usuario.

b. Estudios experimentales: efectos no térmicos en modelos animales. En su conjunto, los estudios sobre bioefectos de CEM de amplitud modulada (AM) han proporcionado resultados contradictorios. Así, en lo que se refiere a posibles efectos cancerígenos en animales (roedores, generalmente) no se han obtenido datos consistentes de incrementos en la incidencia de distintos tipos de cánceres. Una excepción la constituyen los resultados publicados por Repacholi y colaboradores en 1997. Este equipo empleó ratones genéticamente proclives al desarrollo de linfomas. Los animales fueron expuestos intermitentemente 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. Este trabajo, a pesar de sus potenciales repercusiones, todavía no ha sido replicado independientemente, por lo que no es posible valorar en términos de salud humana la relevancia de los datos descritos.

Otro indicio de potencial nocividad fue el descrito hace años por Cleary y col. (1992). Estos autores encontraron un exceso de tumores en ratas inyectadas intracranealmente con un carcinógeno químico y expuestas posteriormente a RF en condiciones de SAR entre 5 y 25 W/kg. Sin embargo, un estudio reciente [Roti Roti, 1999], empleando una metodología similar a la de Cleary, no ha encontrado efectos sobre el crecimiento y desarrollo de los tumores provocados.

También se han descrito otros efectos en animales, tales como alteraciones electrofisiológicas y cambios en la transmisión sináptica (comunicación entre células nerviosas) en tejido nervioso expuesto a radiaciones RF, y se ha especulado sobre potenciales alteraciones en la permeabilidad de la barrera hematoencefálica en exposiciones prolongadas. De cualquier forma, la validez de los datos deberá ser determinada mediante réplica independiente y, en su caso, los estudios habrían de ser ampliados mediante investigación adicional.

En resumen, un análisis general de los resultados experimentales obtenidos hasta el presente indica que los efectos de los CEM AM varían dependiendo de los parámetros de exposición, del modelo biológico empleado y del blanco biológico estudiado. En general, los efectos observados son sutiles y difíciles de interpretar en términos de una potencial nocividad de exposiciones a niveles atérmicos.

c. En definitiva, la exposición del público a las radiaciones típicas de telefonía móvil es relativamente reciente, por lo que de momento carecemos de datos suficientes para evaluar correctamente sus posibles efectos sobre la salud. Así, los estudios sobre epidemiología humana del cáncer son inconsistentes debido, en parte, a deficiencias en su diseño, ejecución e interpretación. En lo concerniente a los estudios con voluntarios, las respuestas observadas hasta hoy no constituyen pruebas de efectos nocivos. No obstante, por razones que resultan obvias, la realización de más y mejores estudios, tanto epidemiológicos como de laboratorio, es considerada prioritaria por la OMS. Varios estudios están en curso en el presente. Cinco de ellos, financiados por la UE y realizados por grupos de 9 – 12 laboratorios europeos, han sido iniciados en el presente año y se espera que finalicen en el año 2003.

2.1.3.3. Mecanismos de respuesta biológica.

Para exposiciones a frecuencias altas el mecanismo de respuesta aceptado universalmente es el de incremento a corto plazo de la temperatura de los tejidos y del cuerpo completo. Así, para frecuencias por debajo de 10 GHz podrían producirse efectos nocivos en aquellas condiciones de exposición que indujesen en tejidos internos o en el cuerpo completo incrementos de temperatura superiores a 1 oC. Para frecuencias entre 10 GHz y 300 GHz, que son absorbidas en su mayor parte por los tejidos superficiales, los efectos nocivos se derivarían principalmente de quemaduras en dichos tejidos. Aunque existe evidencia experimental de respuestas biológicas a niveles no térmicos de RNI, esta evidencia es limitada y no se ha considerado lo suficientemente robusta y relevante en lo que concierne a potenciales efectos sobre la salud. En consecuencia, las restricciones propuestas por ICNIRP-CUE se basan exclusivamente en efectos térmicos a corto plazo.

2.1.4. Interpretaciones de la evidencia científica que no coinciden con los criterios icnirp-cue

La mayoría de los grupos de expertos comisionados por agencias de ámbito nacional e internacional coinciden en sus conclusiones con las publicadas por ICNIRP. Sin embargo, es necesario apuntar que algunos autores se han mostrado en desacuerdo con los criterios ICNIRP-CUE concernientes a:

1. Los potenciales efectos nocivos de las RNI sólo pueden derivarse de corrientes intensas inducidas en tejidos excitables (CEM de bajas frecuencias) o de respuestas térmicas por parte de los tejidos expuestos (radiaciones de frecuencias altas).
2. Los efectos de las exposiciones crónicas a RNI no se consideran diferentes de los provocados por exposiciones agudas, que dan lugar a respuestas inmediatas por parte de los sujetos.

La controversia se basa en el bloque limitado de evidencia experimental, tanto in vitro como in vivo, que muestra indicios de respuestas biológicas por debajo de los niveles propuestos por ICNIRP-CUE. A partir de estos indicios, algunos expertos consideran que, aunque no bien definidos todavía, existen otros mecanismos de respuesta biofísica a las RNI que no han sido contemplados en las directrices y Recomendaciones aprobadas.

Para estos científicos, los datos acumulados sobre respuestas biológicas a radiaciones débiles revelan que los efectos observados no están relacionados exclusivamente con la intensidad de la radiación, sino más bien con otros parámetros de onda; es decir, con el potencial significado de la información contenida en la señal. En el presente, los mecanismos biofísicos responsables de este tipo de interacción están todavía por determinar. Diversos autores han elaborado una serie de modelos [Liboff, 1985; Lednev, 1991; Blanchard y Blackman, 1994] sobre la idea base de que un determinado sistema biológico sería excitable por combinaciones específicas de parámetros eléctricos y magnéticos capaces de “sintonizar” condiciones de resonancia para uno o más iones biológicamente activos. Dichos parámetros incluirían, entre otros, la frecuencia y la amplitud de la señal, la intensidad del campo DC ambiental y su orientación respecto a la señal EM y la carga-masa de los iones blanco. Los intentos realizados hasta la fecha para validar los citados modelos han generado respuestas heterogéneas (ver por ejemplo Chacón y col., 1988; Trillo y col., 1996; Blackman y col., 1999).

En cualquier caso, la idea de la posible existencia de mecanismos alternativos de respuesta, forma parte de la base argumental en la que algunos expertos sustentan sus discrepancias con los principios enunciados por ICNIRP-CUE. Estos expertos, habiendo revisado la misma literatura científica que la empleada por las comisiones ICNIRP-CUE, dan relevancia a datos experimentales o epidemiológicos que no fueron considerados convincentes por los citados organismos y, en consecuencia, llegan a conclusiones parcialmente diferentes de las publicadas en las Recomendaciones de 1998 y 1999. El caso más patente de este tipo de discrepancias es el constituido por el Panel para el programa RAPID, del US National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS). En junio de 1998, el NIEHS formó un Grupo Internacional de Trabajo con el cometido de revisar los resultados de los estudios acerca los potenciales efectos de la RNI sobre la salud. Este Grupo de Trabajo, empleando los criterios establecidos por la International Agency for Research of Cancer (IARC), concluyó que los CEM de frecuencias muy bajas (ELF, incluyendo las frecuencias industriales, 50/60 Hz) deberían ser considerados como “posibles carcinógenos humanos.” De acuerdo con los criterios IARC, la clasificación de “posible carcinógeno humano” se aplica a agentes para los cuales existe evidencia limitada de carcinogenicidad en humanos, pero no existe suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales experimentales. La clasificación está basada en la robustez de la evidencia científica, y no en el grado de carcinogenicidad o en el nivel de riesgo de cáncer provocado por el agente. La consideración de los CEM ELF como “posibles carcinógenos” implicaría que existe una necesidad de completar la evidencia actual mediante estudios más amplios y de mayor calidad, que permitan encuadrar a estos campos en una categoría mejor definida.

2.1.5 Las normativas de seguridad en países europeos que no se han adherido a las recomendaciones icnirp-cue

REINO UNIDO. Los niveles de exposición a RNI considerados seguros actualmente en el Reino Unido superan los recomendados por ICNIRP-CUE. Sin embargo, la voluntad de la sociedad unida a las conclusiones del informe emitido recientemente por un grupo de expertos reunido ad hoc, hace previsible que el Reino Unido adoptará en el futuro las citadas Recomendaciones.

ITALIA. Desde hace años, y respondiendo a presiones de sindicatos, grupos ecologistas y parte del público, algunas regiones de Italia han venido aplicando límites de exposición a CEM ELF y RF de radio, TV, telefonía móvil o radares.

Las restricciones italianas se aplican a exposiciones en viviendas, escuelas, hospitales y cualquier lugar donde las personas permanezcan regularmente durante 4 horas o más. No se aplican a teléfonos móviles, dado que se trata de exposiciones voluntarias [Gazzetta Ufficiale Della Repubblica Italiana (3 nov. 1998)]

SUIZA. Este país posee desde febrero de 2000 un reglamento mucho más restrictivo, en algunos aspectos, que la Recomendación europea. Los límites son aproximadamente 100 veces más bajos que los niveles recomendados por ICNIRP-CUE. Se trata de límites que se apoyan en la interpretación que las autoridades suizas hacen del llamado “principio de precaución” y se basan en lo que los expertos convocados por dichas autoridades consideran que existen “indicaciones verosímiles” de que exposiciones crónicas a RNI de bajo nivel pueden ser nocivas. El objetivo perseguido es “mantener las exposiciones tan bajas como resulte técnicamente posible y económicamente sostenible.”

Los límites están diseñados exclusivamente para el público en general y se aplican de forma estricta en espacios “sensibles”, o áreas en las que cabe esperar presencia humana por periodos de tiempo prolongados. Estas áreas incluyen viviendas, escuelas, hospitales y zonas de recreo en parques. En áreas accesibles al público, pero no consideradas “sensibles”, los límites admitidos se corresponden con los recomendados por ICNIRP-CUE. Sin embargo, la ordenanza restringe la construcción de nuevos edificios en áreas donde la exposición exceda los límites bajos “de precaución”. La ordenanza no se aplica a exposiciones ocupacionales ni a emisiones procedentes de teléfonos móviles, electrodomésticos o equipos médicos. Además, los límites “de precaución” no se aplican a espacios privados situados al aire libre, como patios o jardines de viviendas [Datos obtenidos de: Ordinance on Non-Ionizing Radiation Protection (1 feb. 2000)].

Las posiciones suiza e italiana han recibido críticas por parte de asociaciones de expertos y de organismos internacionales que entienden en materia de radioprotección, incluida la OMS. Las críticas se centran en la idea de que estas normativas restrictivas, que darían prioridad a criterios socio-políticos sobre los científico-técnicos, dañan gravemente la estrategia de la OMS, que hasta el presente había conducido a un principio de consenso para la normalización de los niveles de seguridad ante exposiciones a RNI.

2.1.6. Conclusión

La presencia ubicua de radiaciones electromagnéticas no ionizantes en ambientes urbanos y ocupacionales, es resultado del notable incremento en la utilización la energía eléctrica y de la tecnología de transmisión de información mediante radiofrecuencias. Las posibles consecuencias de la exposición humana a dichos ambientes son objeto de un creciente interés por parte de la población y de las autoridades responsables de salud ambiental.

Los niveles de referencia y las restricciones básicas a las exposiciones a RNI recomendados por ICNIRP (1998) y la CUE (1999) proporcionan, con un elevado margen de seguridad, protección contra efectos inmediatos potencialmente nocivos derivados de la excitación celular/tisular causada por corrientes inducidas, o de la disrupción del metabolismo fisiológico por causas térmicas. Debido a ello, las recomendaciones ICNIRP-CUE son las

más ampliamente aceptadas, y los criterios de seguridad y protección radiológica basadas en ellas son admitidos por la mayoría de los países y de los organismos internacionales. Sin embargo, es cierto que la actual base experimental y epidemiológica sobre los posibles efectos nocivos de las RNI todavía es limitada, y algunos consideran que existen en ella indicios que aconsejarían prestar atención a posibles efectos de exposiciones a intensidades próximas o inferiores a los límites recomendados. Esta circunstancia es hoy causa de una falta de consenso entre grupos de expertos y entre autoridades responsables de sanidad ambiental en distintos países.

Semejante situación genera incertidumbre entre la ciudadanía respecto a la validez de los niveles de seguridad establecidos. Incertidumbre que persistirá en tanto no exista un consenso generalizado que permita establecer estándares de radioprotección no ionizante aceptados por la práctica totalidad de los países. La condición indispensable para ello es la extensión y profundización de nuestros conocimientos en la materia a través de investigaciones completas y de calidad. En este sentido, la Unión Europea y otras comunidades internacionales, en colaboración con agencias públicas y compañías privadas, están llevando a cabo un importante esfuerzo de programación y financiación de la investigación.

Entre tanto, y a la espera de datos experimentales y epidemiológicos robustos, existe el compromiso de poner los medios para facilitar el cumplimiento de las recomendaciones de ICNIRP-CUE en los países adheridos, y de informar a los ciudadanos correctamente de cómo y por qué se cumplen las citadas recomendaciones. Como medida adicional, podría evaluarse la conveniencia de arbitrar estrategias de evitación prudencial de exposiciones no controladas, que permitan compaginar la seguridad ambiental de los ciudadanos con un desarrollo tecnológico e industrial capaz de competir en el escenario internacional (véase: Communication on Precautionary Principle. Comisión Europea, Bruselas, 2 Feb. 2000).

2.2 Efectos de los campos electromagnéticos de baja intensidad sobre los sistemas biológicos.[7]

Desde hace algunas décadas un importante grupo de investigadores en disciplinas tan variadas como la física, la ingeniería, la medicina, la biología etc..., así como las autoridades responsables de las áreas de salud, se han venido preguntando sobre los posibles efectos de los campos electromagnéticos sobre los seres vivos.

El uso de los campos electromagnéticos forma parte hoy de nuestra vida cotidiana, aunque en el desarrollo de los seres vivos y en sus procesos de adaptación al medio tan solo han conocido aquellos campos electromagnéticos que provienen de emisores naturales como el sol o el campo magnético terrestre. Es de suponer por tanto que han adaptado sus estructuras tanto desde el punto de vista anatómico como funcional a ellos.

Sin embargo en el último siglo se han puesto en circulación una enorme cantidad de nuevas emisiones electromagnéticas en una gran variedad de frecuencias y formas de onda, para las que los seres vivos no estaban adaptados. Aún hoy se desconoce cuales son las consecuencias reales de estas emisiones y que alteraciones producen a corto medio o largo plazo.

Quizás el tipo de energía electromagnética que más ha incrementado su uso en las dos últimas décadas es la radiofrecuencia (RF) incluidas las ondas de radio y las microondas.

La RF es parte del espectro electromagnético con frecuencias entre los 3 kHz a los 300 GHz aunque la OMS en su proyecto para el estudio de los efectos de los teléfonos móviles EMF 1996 tan solo consideró aquellas frecuencias comprendidas entre 1 MHz y 10 GHz.

Debido a este incremento exponencial del uso de las RF para las comunicaciones, también ha aumentado de forma considerable la preocupación por los posibles efectos que esta nueva forma de contaminación y los posibles riesgos que pueda tener para la salud humana y el medio ambiente. (Polución electromagnética FCC 1997 [13])

Ya en 1974 la asociación internacional para la protección de las radiaciones (IRPA) constituyó un grupo de trabajo para el estudio de las radiaciones no ionizantes que en el congreso de París (1977) paso a denominarse International Non-Ionizing Radiation Committee (INIRC).

Pero los campos electromagnéticos RF aparecen como una nueva preocupación en salud pública a raíz de los trabajos desarrollados por Wertheimer y Leeper en 1979 [15] sobre cáncer en niños relacionado con la proximidad a líneas de alta tensión. Sin embargo la preocupación sobre estos efectos especialmente en el rango de las microondas y radiofrecuencias, tuvo su origen durante la segunda guerra mundial donde fueron publicados en los años 50 y 60 los primeros informes sobre todo en Europa del Este y la Unión Soviética. Aunque no fueron tomados como un factor implicado en la salud humana ya que muchos de sus posibles efectos no fueron atribuidos a su uso, como es el caso de los operadores de radio en la marina durante la guerra.

Tan sólo en las dos últimas décadas se han publicado más de 25 000 artículos relacionados directa o indirectamente con esta nueva área de investigación multidisciplinar. Los informes abarcan una gran variedad de campos y disciplinas física, ingeniería, biofísica, genética-molecular, biología-celular, fisiología de animales y plantas, conducta humana aplicaciones clínicas, y estudios ecológicos.

Varias revisiones importantes sobre este tema han aparecido en las décadas precedentes [1],[2],[3],[4], y todos los informes concluyen con los mismos consejos, las investigaciones son insuficientes y no existen resultados concluyentes para establecer relaciones “consistentes” de causa a efecto generalizables. Ello ha dado lugar a multitud de normativas que difieren de forma importante en sus recomendaciones y sobre todo los escasos resultados obtenidos han contribuido escasamente a establecer de forma precisa los efectos sobre los seres vivos que hasta ahora se han comprobado de forma parcial y lo que es más importante generalmente con resultados no repetibles.

Informes de organismos públicos

En estos últimos años se han producido, producto de la preocupación social sobre el uso masivo de RF, los informes más importantes por parte de las agencias estatales y organismos internacionales.

1. 1992, Informe de la OAK Ridge Associated Universities [1].
2. 1992, Informe de agencia para la protección radiológica del Reino Unido (NRPB) [3].
3. 1992 Informe del Instituto francés de la salud e investigaciones médicas (INSERM)[4].
4. 1992 Niveles de exposición de 3 kHz a300 GHz IEEE.[8].

5. 1993 Informe conjunto de la organización mundial de la salud y la asociación mundial de protección radiológica WHO/UNEP/IRPA.[9].
6. 1996 ICNIRP Informe sobre el uso de los teléfonos móviles.[10].
- 7 1996 (a,b) Informe sobre posibles efectos sobre la salud de los teléfonos móviles EC.[11] [12].
8. 1996 COST 244 posición de la UE ante las investigaciones “ in Vivo” y “In vitro” ante la exposición a RF.[7].
9. 1996. Informe de Consejo nacional de EEUU para la medida y protección de radiaciones (NCRP) y la academia americana de ciencias, [4].
10. 1997 Guía para evaluar la exposición humana a campos electromagnéticos RF FCC.[13].
11. 1999 Forum sobre el futuro de la investigación Europea en comunicaciones móviles y salud COST 244.[2].

Instituciones internacionales relacionadas con las rf y la salud.

OMS (WHO/EMF Project) Ginebra (Suiza)
Comisión internacional para la protección de radiaciones no ionizantes ICNIRP Alemania
FCC Comisión federal de comunicaciones EEUU
Berkeley National Laboratory EEUU
Lawrence Livermore National Laboratory EEUU
IMST Instituto para el móvil GMBH Alemania
MIT Instituto Tecnológico de Massachussets EEUU
NIEHS Instituto Nacional de la Salud EEUU
NIWL Instituto Nacional del Trabajo Suecia
NRPB Panel de Protección Radiológica EEUU
ONCOLINK.Univ. de Pennsylvania centro del cáncer EEUU
SSI. Instituto Sueco de Protección Radiológica Suecia
INSERM Instituto de Protección Radiológica Francia

2.2.1. Efectos biológicos que puede causar la energía generada por la emisión de rf.

Se pueden indicar la existencia de “efectos” en cualquier sistema biológico cuando podemos medir un cambio producido tras la introducción en el mismo de algún tipo de estímulo ajeno a este. Aunque estos cambios no siempre tienen que ser perjudiciales para el sistema biológico implicado, de hecho en su interacción con el medio se producen constantes alteraciones tanto funcionales como estructurales, de forma inmediata y reversible o cambios de tipo permanente que modifican definitivamente su función. Se consideran peligrosos cuando causan perjuicios detectables a la salud del individuo o de su descendencia (ICNIRP 1998) [16].

Algunos efectos biológicos son el resultado del calentamiento de los tejidos producto de la exposición a la energía de las RF, denominado “efecto térmico”.

Es conocido desde hace bastantes años que altos niveles de RF pueden tener como consecuencia un aumento de temperatura de los tejidos causando importantes daños debido a la capacidad de las RF de quemarlos con bastante rapidez ya que no son capaces de disipar el calor. La exposición a densidades de campo de 1-10 mW/cm² puede producir un importante aumento de temperatura del tejido aunque no siempre un daño estructural, este efecto ha sido ampliamente descrito en algunos informes (NRPB 1992; UNEP/WHO/IRPA 1993; ICNIRP 1996; EC 1996).

Dos áreas del cuerpo son especialmente sensibles a los aumentos de temperatura: los ojos y los testículos, ya que tienen dificultades para disipar el exceso de calor. Trabajos en laboratorio han mostrado que breves exposiciones de unos 30 minutos sometidos a altos niveles de radiación RF (100-200 mW/cm²) pueden causar cataratas en conejos. Y esterilidad temporal causada por cambios en la motilidad del esperma cuyo origen puede ser la exposición a altos niveles de RF. (FCC 1999).

Los aumentos de temperatura en tejidos están asociados con intensas exposiciones, caracterizadas, por un umbral bajo el cual, no se presentan efectos. Sin embargo muchos estudios han sugerido que bajos niveles de RF presentan efectos biológicos aunque la mayoría de ellos no han podido ser replicados o sus efectos en humanos no se han descrito de forma precisa (ICNIRP 1996). La mayoría de las investigaciones demuestran que los niveles ambientales se encuentran muy por debajo de los necesarios para producir un aumento peligroso de temperatura. Sin embargo en algunos ambientes laborales si se encuentran sometidos a emisiones que obligan a observar unas restricciones de uso mayores para evitar estos problemas. [17]

A la investigación científica le cuesta estar al nivel de los rápidos avances que en la aplicación de los campos RF se están produciendo en nuestro trabajo cotidiano y nuestra forma de vida. Esta división entre los procesos de control científico y de desarrollo y uso tecnológico que afecta a toda la población, necesita identificar mediante investigaciones el alcance real de estos efectos para poder establecer medidas de prevención frente a alarmismos o complacencias exageradas. (WHO Repacholi 1996) [18].

Muchas informaciones han aparecido en informes científicos que señalan los posibles efectos en sistemas biológicos expuestos a bajos niveles de RF pero lo primero que hay que averiguar es cuales de estos efectos tienen consecuencias negativas para la salud, y que mecanismos biológicos están comprometidos.

Si estudiamos el incremento de calor producido en los sistemas biológicos es importante distinguir entre los efectos producidos por el aumento de la temperatura, de los efectos

producidos por la temperatura añadida al sistema donde la capacidad de absorción es más reducida y produce efectos demasiado pequeños como para ser observados.

Las investigaciones en humanos se sitúan entre los niveles de exposición y los efectos adversos para la salud utilizando para ello tanto resultados de laboratorio como estudios epidemiológicos, además deben tenerse en cuenta los efectos subjetivos físicos y mentales. Gu Beagleole (1993), Ahlbom (1996).

2.2.2. Estudios sobre los efectos en sistemas biológicos

La OMS define la salud como un estado de bienestar físico mental y social y no solo como ausencia de enfermedad o trastorno, por ello es necesario hacer una distinción entre los conceptos de interacción, efecto biológico, percepción y peligro.

Un efecto biológico es la respuesta fisiológica que puede o no ser perceptible por el organismo expuesto. Los sistemas biológicos responden a muchos estímulos como parte de un proceso natural de vida, tales respuestas son ejemplos de efectos biológicos. Es cuestionable que estos efectos aunque se mantengan deban ser considerados como evidencias de un peligro, probablemente porque todavía desconocemos que importancia tiene esta respuesta para el propio organismo.

Hasta ahora se ha utilizado como criterio que cualquier campo que interaccione con un organismo vivo es indeseable solo cuando es capaz de producir una perturbación fisiológica en un sistema biológico que pueda ser al menos teóricamente mensurable. Sin embargo encontramos que estímulos en forma de campos EM producen una respuesta fisiológica sin producir dolor o “discomfort” aunque si respuestas que alteran el comportamiento de los tejidos, los sistemas o los individuos en su conjunto aunque estos son asumidos como inofensivos. No todos los efectos biológicos producto de la exposición a campos son necesariamente peligrosos, algunos pueden ser beneficiosos bajo ciertas condiciones. Muchos efectos biológicos son aún desconocidos con respecto a su incidencia en la salud incluidos los aspectos comportamentales. Por ello es tan importante entender con precisión cuales son los efectos reales sobre los sistemas biológicos y su grado de intervención en la significación clínica de los posibles peligros de estos, y saber si estos efectos desaparecen o si son bioacumulativos.

Los resultados nos indican que los efectos observados en un nivel de exposición a menudo no pueden ser extrapolados a otros niveles o frecuencias porque las relaciones entre la dosis-respuesta no está perfectamente establecida

2.2.3. Dosimetría

La dosimetría es uno de los elementos fundamentales para cualquier estudio científico. En 1985 la FCC adoptó por primera vez una guía para evaluar la exposición humana a emisiones de RF (ANSI, FCC 1985), siendo revisada en 1996 como resultado de un proceso comenzado tres años antes para emisores que utilizaran frecuencias entre 100 KHz y 300 GHz. Los límites de exposición máxima permisible (MPE) fueron los recomendados por el NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements 1996). Estableciéndose límites de exposición para la población general, y para los lugares de trabajo. Tabla 1

LUGAR DE TRABAJO

Frecuencia MHz

Intensidad de campo eléctrico (E) (V/m)

Intensidad de campo magnético (H) (A/m)

Densidad (S) (mW/cm²)

Promediación de tiempo

(Minutos)

0.3—3.0

614

1.63

(100)*

6

3.0---30

1842/f

4.89/f

(900/f²)

6

30---300

61.4

0.163

1.0

6

300---1500

f/300

6

1500-100.000

--

--

5

6

POBLACIÓN

0.3-1.34

614

1.63

(100)*

30

1.34-30
824/f
2.19/f
(180/f²)
30

30-300
27.5
0.073
0.2
30

300-1500
--
f/1500
30

1500-10 000

1.0
30

Tabla 1. Límites para el máximo permisible de exposición (MPE).

Tomado de FCC Guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic fields
OET Bulletin 65 AGUST. 1997

La tasa específica de absorción (SAR) en vatios por kg, es el parámetro generalmente aceptado, pero algunos consideran que la SAR no es un parámetro aplicable a campos de RF de bajo nivel

SAR (Tasa Específica de absorción)

Ambiente de trabajo controlado

De 100 KHz a 6 GHz
Exposición general no controlada

De 100 KHz a 6 GHz

< 0.4 W/kg en todo el cuerpo

<0.8 W/ kg en alguna parte del cuerpo
<0.08 W/kg en todo el cuerpo

<1.6 W/kg en laguna parte del cuerpo

Tabla 2 Limites de exposición SAR FCC 1999.

En algunos estudios “in vitro” e “in vivo” la polarización del campo eléctrico puede ser un importante parámetro de exposición en las estructuras celulares. La determinación del SAR en los campos electromagnéticos es una función complicada dependiente de varios parámetros de exposición como son el campo incidente y las propiedades físicas del tejido biológico. (Chou 1996).[19](Kuster and Balzano 1996) [20].

Sin embargo uno de los problemas a la hora de comparar los diferentes resultados obtenidos es la ausencia de acuerdos sobre las referencias dosimétricas. La definición dosimétrica de campo próximo (teléfonos móviles) campo lejano desarrolladas por la UNEP/WHO/IRPA (1993) es también un elemento básico para establecer efectos, así para muchas aplicaciones las medidas de campo lejano son suficientes en la medida de absorción de RF, pero en la mayoría de los casos es necesario desarrollar sofisticados sistemas para poder monitorizar por ejemplo los campos de ELF.

Los campos cercanos generalmente no son medidos durante los estudios epidemiológicos. La medida de exposición se realiza mediante la contestación a cuestionarios lo que no permite demasiada precisión en los resultados que se obtienen. (Rothman 1996). [21]

2.2.4. Principios de acción biofísica

Los mecanismos de interacción entre RF y los sistemas biológicos han sido estudiados durante las últimas décadas, muchos estudios teóricos se han desarrollado para explicar como las cargas interactúan con los CEM en el material biológico. (Chiabrera 1995).[22] Tanto la aproximación desde la física clásica como de la cuántica han sido utilizadas para explicar los mecanismos de acción de la RF a nivel microscópico. (Bernardt y Vogel 1996).[23]

La interacción de campos eléctricos variables en el tiempo con los tejidos biológicos que también poseen una diferencia de carga eléctrica entre el interior y el exterior de la membrana celular tiene como consecuencia el aumento de flujo de cargas eléctricas, la formación de dipolos y la reorientación de los dipolos eléctricos presentes en la membrana. Las magnitudes relativas de estos efectos dependen de las propiedades de la estructura sobre la que incide el campo, conductividad, permitividad etc.(ICNIRP 1998).

Los campos de RF inducen momentos en las moléculas que tienen como consecuencia desplazamiento de iones desde posiciones estables, vibraciones entre las capas sobre todo entre electrones e iones y rotación y reorientación de moléculas dipolares como el agua. (Schwan 1988).[24] Estos mecanismos que pueden ser descritos mediante la teoría clásica electrodinámica no son capaces de producir efectos observables, con los medios actuales, en la exposición a campos de ELF porque se encuentran con un medio desestabilizado por la agitación térmica. Además el tiempo de respuesta del sistema debe ser rápido y tenemos dificultad para medirlo Ambas consideraciones implican que debe haber un umbral bajo el cual repuestas aun no observables están ocurriendo, y frecuencias bajo las cuales no es posible observar una respuesta. Este umbral está presente incluso en los más sofisticados modelos si se tiene en cuenta el ruido térmico y la dinámica del sistema.

Otro aspecto de los modelos biológicos de interacción es el que se dirige a comprender mejor la interacción de las RF a nivel molecular y celular: es la simulación dinámica

molecular. Esta aproximación permite construir modelos detallados de los receptores de superficie celular, responsables de iniciar los mecanismos que alteran el metabolismo y los estados proliferativos de las células vivas. (Blundell 1996) [25].

2.2.5. Baja exposición a rf

La literatura científica ha sido revisada extensamente en NCRP 1986 Saunders 1991, IEEE 1992, NRPB 1992, 1993, UNEP/WHO/IRPA 1993, Polson y Heynick 1994, ICNIRP 1996, EC 1996, Mantiply 1997, Petersen 1998, Repacholi 1998, FCC 1999.

Para recolectar información acerca de niveles prolongados de exposición de baja intensidad o para casos como el cáncer es necesario recoger los resultados de una gran cantidad de diseños experimentales realizados en diferentes sistemas biológicos expuestos a campos en las más variadas condiciones. La importancia de éstos es limitada debido a las diferentes condiciones de exposición y a las variadas respuestas de las estructuras biológicas “in vitro” en comparación con los resultados en humanos.

Muchos estudios “in vitro” con células eucarióticas y procarióticas han tenido resultados negativos a la hora de comprobar efectos mutagénicos o genotóxicos ante la exposición a campos de baja intensidad. Estos hallazgos son consistentes con la evidencia experimental, que indica que las RF no producen alteraciones genéticas, origen posible de neoplasmas UNEP/WHO/IRPA 1993. (Repacholi 1998). [18]

Sin embargo los estudios realizados “in vitro” nos indican que las RF de baja intensidad puede alterar las propiedades de la membrana celular tanto desde un punto de vista estructural como funcional. Adey 1996 [26] llega a plantear la hipótesis de que la membrana celular puede ser sensible a campos de baja intensidad sobre todo cuando son modulados en amplitud a frecuencias ELF, sin embargo a altas frecuencias aunque de baja intensidad no inducen apreciables potenciales de membrana, o si se inducen alteraciones son en aspectos funcionales aún desconocidos.

2.2.6. Efectos en la membrana celular

Los campos RF afectan a una variedad de propiedades de los canales iónicos como son la disminución en la formación de canales, y disminución en la frecuencia de apertura. Estos estudios incluyen campos constantes y campos pulsantes a diferentes intensidades. Así parece que bajas intensidades de RF afectan a los canales de membrana UNEP/WHO/IRPA 1993. [27]. El efecto de las RF sobre el transporte de cationes como el Na⁺ o el K⁺ a través de la membrana indica que los cambios pueden suceder sin producirse alteraciones en la temperatura. (Cleary 1995). [27] Este efecto se produce en un rango de SAR de 0.2-200W/kg y a frecuencias de 27 MHz a 10 GHz. Un aspecto inusual de estos estudios es que el efecto campo en la permeabilidad de los cationes ocurre por encima de un rango de temperaturas de 17.7 a 25 ° C. Así, es posible que las RF pueda facilitar las transiciones de la fase lipídica en la membrana a temperaturas próximas a la fase de transición. (Tenforde y Liburdy 1988). [28] Otros efectos sobre el flujo iónico, como son alteraciones en la bomba de sodio potasio y la ATPasa en los glóbulos rojos ha sido atribuida a la interacción de los campos de RF con moléculas en la membrana que contienen estos iones, posiblemente esta interacción esta mediada por las transiciones de fase de la membrana. (Liu 1990) [30].

Los radicales libres también se han propuesto como participantes en las transiciones de fase producidas por las RF en los lípidos expuestos a campos constantes de 2.45 GHz a 0.2

W/kg.(Phelan 1992) [31].Un efecto similar en los canales iónicos ha sido informado por D'Inzeo 1988 [32] quien expuso miotúbulos de pollo a campos constantes de 9.75 GHz a bajas intensidades de 1-2 microW/cm².

La exposición a RF disminuye la frecuencia de apertura de los canales de acetilcolina dependientes del Na⁺, estos estudios indican que los efectos de los campos constantes a bajas intensidades de SAR pueden ser directamente dependientes del medio de la membrana o del sistema biológico implicado.

La exposición a RF moduladas en frecuencia ELF <de 300 Hz fundamentalmente de 147 a 450 MHz han sido causantes de pérdida de Ca⁺⁺ en las terminaciones nerviosas o en células cerebrales en estudios in vitro (Adey 1981)[33]. En cambio, no se han encontrado efectos en el movimiento de iones Ca⁺⁺ expuestos a campos constantes. Efectos similares fueron observados en sinaptosomas. (Adey 1981) [33], y en células de neuroblastoma(Dutta 1984) [34]. Sin embargo otros laboratorios han fracasado a la hora de repetir estos resultados.Lo que sugiere que estos fenómenos no pueden ser explicados mediante los principios del equilibrio termodinámico. (Adey 1993) [35].

De esta manera cambia el criterio generalmente asumido de que el efecto es función de la dosis sin embargo no esta suficientemente comprobado como para determinar el tipo de consecuencias para la salud en humanos.

2.2.7. Efectos en los transductores de señal

Las proteinkinasa son enzimas llave implicadas en la traducción de señales desde los receptores de membrana intracelulares implicadas en los factores de crecimiento de las hormonas y las citokinas. Byus 1984 [36] comprueba una disminución de la actividad del AMP cíclico independiente de la proteinkinasa en respuesta a Campos de RF modulados en amplitud a ELF frecuencias.

La actividad de la Ornithine decarboxylasa (ODC) es modulada por la membrana mediante señales y su activación esta asociada con la aparición de agentes promotores de tumores de varios tipos durante la carcinogénesis. Byus 1988 [37] informa que la actividad de la ODC fue significativamente elevada en las células del melanoma humano y en hepatoma de células de rata expuestas a 450 MHz sinusoidales modulados en amplitud de 12 a 20 Hz pero no cuando se exponían a frecuencias más altas o más bajas. Los investigadores interpretan estos resultados como un indicativo de que son determinadas señales las que modulan la activación de la ODC. Krause 1997 [38] ha informado de elevaciones de ODC en fibroblastos de rata en campos modulados en amplitud con una SAR de 3W/kg. En ambos estudios los niveles de ODC inducidos fueron mucho menores que los asociados con la acción de los agentes promotores tumorales como el ATP. Si embargo no se ha comprobado el incremento en la proliferación celular o alteraciones en la síntesis de ADN.

2.2.8. Lateraciones celulares proliferativas

Los estudios “in vitro” de los efectos de la exposición de campos de bajo nivel en la proliferación y transformación celular pueden proveer útiles aproximaciones a la posible influencia de estos campos en la promoción y progresión del cáncer. Por esta razón una gran cantidad de estudios se han llevado a cabo para comprobar los efectos en el DNA y en la síntesis del RNA en la cinética celular y en la transformación de células normales en estados de crecimiento alterado.

Alteraciones en la transcripción mediante la incorporación de un precursor específico del RNA 3H uridina se han encontrado después de la exposición de células de glioma a campos RF (Cleary 1990) [39]. Efectos similares en la proliferación celular utilizando precursores del DNA 3Hthimidina fueron experimentados sobre gliomas y linfocitos humanos (Cleary 1990). Ambas situaciones la transcripción y proliferación celular fueron expuestas a mayores intensidades de SAR de 5 a 25 W/kg pero no encontraron cambios por encima o debajo de estos valores. No está claro que efectos suceden en otros valores SAR a los que la mayoría de la población se encuentra habitualmente expuesta.

Algunas evidencias limitadas indican que alteraciones en el ciclo celular en mamíferos pueden estar asociadas a los incrementos en la incidencia del cáncer, varios estudios han producido alteraciones en el ciclo celular bajo los efectos de RF. (Czerska 1992, d'Ambrosio 1995, Cleary 1996), comprobándose que campos de 2450 MHz son dos veces más efectivos que campos de 27 MHz en producir alteraciones en el ciclo celular. (Cleary 1996) [40].

Varios estudios se han dirigido a determinar si la exposición a RF afecta a las respuestas proliferativas de los linfocitos. Estas células son activadas "in vitro" mediante ligandos mitógenos de los receptores celulares y constituyen un modo habitual de producir una transformación celular. Muchas de las investigaciones desarrolladas con RF en la transformación de linfocitos han sido negativas, sin embargo Czerska 1992 [41] observó un incremento de la activación de linfocitos humanos expuestos a campos constantes o pulsados de 2450 MHz, encontrando que los campos pulsantes fueron más eficaces en el desarrollo de la transformación de los linfocitos.

La proliferación de citotóxicos como los linfocitos T fue alterada mediante exposición a RF con una SAR de 5 a 25 W/kg a 2450 MHz que fueron modulados simulando los sistemas de comunicación de los móviles, estos resultados son atribuidos a campos inducidos en los ligandos de citokina con alta afinidad para las células de los receptores en las células expuestas. (Cleary 1996), [42].

2.2.9. Estudios de laboratorio relacionados con el cáncer

La mayoría de las evidencias experimentales desarrolladas en laboratorio indican que bajos niveles de campos de RF no tiene efectos mutagénicos ni siquiera actúan como iniciadores de la carcinogénesis. IEEE 1992, NRPB 1992, CRIDLAND 1993, UNEP(WHO/IRPA 1993 VERSCHAEVE 1995 EC 1996.

Un gran número de estudios "in vitro" han sido realizados para detectar los efectos de la exposición a RF en el DNA y en la estructura de los cromosomas. La mayoría de estos estudios han encontrado hallazgos negativos y solo han sido positivos cuando por efecto de los RF se ha aumentado la temperatura del medio de cultivo (UNEP/WHO/IRPA 1993). En algunos casos, los daños sobre el DNA o las estructuras de los cromosomas han sido atribuidos a factores experimentales secundarios. En la mayoría de los casos no se observa ningún efecto producido por la exposición a RF ni ninguna aberración en los cromosomas de células humanas.

En contraste con estas evidencias algunos estudios en roedores indican que la exposición a RF puede afectar el DNA. Cuando los ratones son expuestos 2.45 GHz a 10 W/cm² (SAR 1.18 W/kg) durante dos horas al día durante 200 días se produce una reestructuración genómica en el cerebro de las células controladas. Lai y Singh 1995, 1996 [43] informan que ratas expuestas a pulsos de 2 micro segundos de duración 500 pps a campos constantes

de 2.45 GHz con un SAR de 0.6 o 1.2 W/kg durante dos horas incrementan al doble el número de divisiones en el DNA cerebral. O se producen niveles inusuales de fragmentación del DNA (Lai y Singh 1995, 1996) [43]

También se apunta la posible acción sinérgica de la exposición a RF con mutágenos químicos o físicos. (Maes 1996) [45].

El incremento de la transformación neoplásica ha sido descrito por Balcer Kubiczek y Harrison, 1991 [46] después de la exposición “in vitro” de células C3H10T1/2 a 2450 MHz a campos pulsantes modulados a 120 Hz. Estas fueron dependientes de la intensidad de campo y se observaron solamente cuando el promotor ATP fue añadido en el medio de cultivo. La interpretación de estos resultados es complicada porque las células de C3H10T1/2 son genéticamente inestables y comienzan de forma espontánea su transformación durante el crecimiento en un tejido situado en el medio de cultivo. El tratamiento combinado de ATP y campos RF puede servir como estímulos copromotores.

La exposición crónica a campos RF en ratas a 2/8 W/kg produce el incremento de la progresión y desarrollo de tumores mamarios o de piel (ICNIRP 1998). En nuevos estudios expuestos a 4-5 W/kg tras la aplicación de dosis subcarcinogénicas de un carcinógeno químico en la piel repetidos diariamente se obtiene un aumento triple del número de tumores (Szmigielski 1988). [47] Sin embargo estas altas exposiciones producen incrementos de temperatura que pueden ser el origen de estos resultados.

Cuando las ratas fueron expuestas crónicamente durante un período de 2 a 27 meses a bajos niveles de RF y una SAR de 0.4 W/kg no se desarrolló ningún tipo de tumor maligno, en conjunto la incidencia de desarrollos malignos primarios fue similar a los informados en cualquier tipo de ratas. (Chou 1992) [48].

Los estudios en los cuales las células cancerígenas han sido introducidas en animales han producido una caída en el efecto de exposición a campos constantes y pulsantes, la progresión de los melanomas en ratas no se vio incrementada por la exposición diaria de RF después de la implantación subcutánea. (Santini 1988) [49]. y la progresión de tumores en ratas tampoco fue modificada por la exposición de campos constantes o pulsos de RF después de la introducción de células tumorales en el cerebro. (Salford 1993) [50].

Estos trabajos de larga duración necesitan ser revisados y extenderlos a otros niveles de exposición y a otros animales antes de ser utilizados como parámetros de riesgo para la salud

A pesar de que existen algunas pequeñas relaciones aun no son suficientemente consistentes para demostrar la relación con la mutagénesis o la iniciación del cáncer. Hay una escasa evidencia del efecto co-carcinogénico o sobre la promoción o progresión del tumor. Sin embargo pocos son los estudios suficientemente controlados que permitan afirmar de forma categórica la falta de relación entre RF y cáncer

2.2.10. Estudios sobre el sistema inmune

Debido a que el sistema inmune es el encargado de defender al organismo frente a las agresiones procedentes del exterior se ha estudiado como se defiende ante un agente extraño más, en este caso la exposición a las RF, UNEP/WHO/IRPA 1993. Polson and Heynick 1994, EC 1996.

Pocos efectos biológicos significativos han sido identificados en estudios “in vitro”, sin embargo si se han hallado alteraciones en el comportamiento de los linfocitos. (Lyle 1983)

[51] y en la actividad de la linfocito-kinasa. (Byus 1984) [36] a partir de la exposición de campos de RF modulados a 16-60 Hz. Debido a que el sistema inmune es complejo y presenta una gran variedad de modelos biológicos y de sistemas de exposición los resultados son aún bastante inconsistentes.

2.2.11. SNC

Hasta ahora la mayoría de los estudios sobre el sistema nervioso se han desarrollado intentando comenzar por altos niveles de exposición a RF NCRP 1986 IEEE1992 UNEP/WHO/IRPA 1993 EC1996.

Estudios sobre la barrera hematoencefálica.

La barrera hematoencefálica es un complejo neurovascular que actúa como un filtro que permite el paso selectivo de material desde la sangre al cerebro. Es el encargado de mantener el medio fisiológico entre ciertos límites esenciales para la vida. Los primeros estudios realizados indican que si la exposición a RF causa suficiente calor se incrementa la permeabilidad de la barrera hematoencefálica a ciertas sustancias habitualmente excluidas del parénquima cerebral (UNEP/WHO/IRPA 1993 EC 1996). Aunque no se ha conseguido establecer los cambios de permeabilidad real a bajos niveles de exposición. En recientes estudios se ha comprobado un aumento de la permeabilidad ante la exposición a RF con una SAR de 0.016 W/kg. RF (Salford 1994).[52]

Resultados electrofisiológicos.

La exposición a muy bajos niveles de campos modulados de RF informaron de alteraciones en la actividad eléctrica de gatos y conejos (IEEE1992), (UNEP/WHO/IRPA 1993). Los estudios iniciales de Bawin (1974) que utilizó gatos que previamente habían sido condicionados para producir determinados ritmos EEG en respuesta a luces de Flash. Fueron sometidos a RF de 147 MHz, apareciendo enlentecimiento de los ritmos de fondo con respecto al grupo control, aunque estos estudios se realizaron con escasos controles. Más recientemente Chizhenkova y Safroshkina (1996) [53] presentaron cambios en los patrones de EEG de conejos no anestesiados expuestos a 800 MHz a 40mW/cm² durante un minuto obteniendo alteraciones, pero lo sorprendente es que estos cambios se mantuvieran después de la exposición, probablemente por el efecto de inducción de área. Pu 1997 [54], también ha desarrollado un diseño experimental en ratones expuestos a 3 GHz a 5mW/cm² una hora al día durante una semana encontrando alteraciones en el EEG, hallazgos parecidos presenta Vorobyov (1997) [55]. Aunque estos resultados en animales aún no han tenido su correlato en estudios en humanos, es especialmente interesante establecer la relación de la exposición a RF con algunas patologías relacionadas fuertemente con la actividad eléctrica cerebral como la epilepsia. Quizás pequeñas inducciones eléctricas puedan tener el efecto desencadenante de una crisis ictal.

Efectos en los neurotransmisores

La exposición a bajos niveles de pulsos de RF puede afectar a la neuroquímica del cerebro de manera que coincide con las respuestas al estrés. La exposición de ratas a pulsos de 2.45

GHz de dos microsegundos de duración 500 pps con una promediación para todo el cuerpo de SAR 0.6 W/kg se encontró que alteraba la actividad colinérgica en el cerebro (Lai 1989).[56]. Estas alteraciones de la actividad colinérgica en el frontal y el hipocampo pueden tener influencia en el aprendizaje y la memoria en ratas. Lai (1994) [57] informa que la conducta en el aprendizaje en la prueba del brazo radial fue alterada de forma notable tras la exposición a RF, otros aprendieron más lentamente y cometieron más errores en el laberinto que los controles.(Lai 1994).[57]

Estudios en melatonina

Stevens (1987)[58], propuso una relación entre la exposición a ELF (50,60 Hz) y la carcinogénesis a través de la acción de las RF en la secreción de melatonina.

Lambrozo (1996) [59] encontró en roedores inhibición en la secreción de melatonina y decrecimiento de la actividad de las enzimas implicadas en el metabolismo de la melatonina desde la exposición a ELF ya que la melatonina es un marcador del ritmo circadiano que puede verse alterado.

En humanos hasta ahora no se han encontrado en estudios clínicos inhibición de la producción de melatonina ante la exposición a RF Graham (1996) [60] . Algunos trabajos epidemiológicos han pretendido establecer alguna relación con el cáncer de mama, suponiendo determinadas conexiones con las alteraciones de la melatonina (Stevens 1997) [61]. Un reciente estudio para evaluar los efectos en los ritmos circadianos del uso de los teléfonos móviles (René de Seze 1999) [62], tampoco ha encontrado una alteración en los parámetros normales con la exposición a la RF producida por estos sistemas.

Otros efectos

También se han desarrollado investigaciones sobre la aparición de trastornos posteriores a la exposición a RF, como dolores de cabeza , (Hocking 1998), malestar general, pérdidas de memoria náusea y otras funciones del sistema nervioso central (Von Klitzing 1995 Reiser 1995 Altpeter 1995 Bortkiewicz 1995 Mann y Röschke 1996). Así, como trastornos del sueño, dificultad para concentrarse (Berg 1992, Bergdahl 1995 Bergqvist y Wahlberg 1994 Sandström 1995). Si bien la exposición a RF de bajo nivel puede causar efectos estos no tienen por el momento suficiente evidencia científica como para tomar medidas de protección para la salud humana.

2.2.12. Estudios epidemiológicos

La mayoría de los estudios epidemiológicos indican posibles relaciones entre la exposición a RF y un aumento del riesgo de cáncer, algunos hallazgos positivos fueron encontrados entre estos la leucemia y los tumores cerebrales. Pero en conjunto los resultados no son concluyentes y no permiten soportar la hipótesis que la exposición a campos sea una causa directa de cáncer. (UNEP/WHO/IRPA 1993).

Ya son clásicos los estudios de los trabajadores de radar donde después de una exposición de hasta 20 años no se incrementa el riesgo de cáncer asociada con las RF (Robinette 1980) [63]. O de los empleados de la embajada de EEUU en Moscú (unos 3.000) que fueron expuestos a bajos niveles de RF durante años, ninguno de los dos estudios encontró una relación adversa en lo que respecta a los parámetros estándar de salud.

Sin embargo los resultados obtenidos en posteriores investigaciones y la interpretación crítica de estos primeros realizada por Goldsmith (1995) [64] cambio un poco la perspectiva, se encontraron incrementos significativos de cáncer entre el personal militar expuesto a RF con altos porcentajes de leucemia y linfomas pero los cálculos de exposición RF no estaban perfectamente definidos. (Szmigielski 1996) [65].

Los diferentes grupos que han realizado revisiones sobre las posibles relaciones en estudios epidemiológicos entre cáncer y RF concluyen que no existe una evidencia consistente de riesgo carcinogénico (IEEE 1992, NRPB 1992, UNEP/WHO/IRPA 1993, ICNIRP 1996, EC 1996).

Aunque siguen apareciendo estudios con resultados inconsistentes Beall (1996), Grayson (1996) Rothman (1996) Tynes (1996) Hocking (1996) Dolk (1997), en algunos de estos estudios aparecen dificultades reales para calcular la incidencia de enfermedades relacionadas con RF y con potenciales factores que podían confundir como ELF o exposición química. En general los estudios epidemiológicos sufren de inadecuados cálculos de exposición (ICNIRP 1996, EC 1996). Hacen falta nuevos estudios que midan los posibles efectos de la exposición crónica a RF con una metodología más controlada. hasta ahora los resultados obtenidos no son concluyentes.

2.2.13. Conclusiones

El rápido desarrollo y la extensión del uso de las RF como un nuevo elemento que forma parte de nuestra vida cotidiana es hoy un hecho incuestionable. Pero la puesta en uso de forma masiva de estos nuevos medios, donde ocupa un lugar destacado los instrumentos de comunicación móvil con indudables ventajas sociales, no se ha realizado con los debidos controles sobre los efectos que la exposición a RF de bajo nivel puedan tener sobre los tejidos biológicos. Aún no están perfectamente establecidos los efectos de la exposición a RF y el equilibrio funcional de la actividad biológica desde la más simple activación celular hasta los complejos procesos cerebrales superiores. Debido a que todavía hoy no se comprende bien su mecanismo de acción sobre los organismos vivos por lo que no se puede establecer de forma concluyente sus efectos sobre la salud, ni su carácter inocuo ni perjudicial.

Desde hace ya bastantes años numerosos organismos internacionales han establecido programas de investigación e indicaciones sobre su uso que limitan de forma notable las consecuencias. Pero aún hace falta recorrer un largo camino que permita establecer con

precisión la relación de causa a efecto y los mejores sistemas de protección ante los efectos indeseados del uso de las RF.

Estas nuevas investigaciones básicas clínicas conductuales y epidemiológicas deben establecer una metodología de trabajo que permita controlar con precisión los resultados para que no aparezcan como sucede en la actualidad una variedad de efectos en muchas ocasiones de forma contradictoria que lejos de establecer criterios y normas de control generan confusión.

Sería de nuevo necesario establecer algunos parámetros que permitan desarrollar estas investigaciones

1 / precisa dosimetría SAR, mejor definición RF

2/ Exposiciones relevantes humanas con caracterización de niveles, frecuencias, modulación y características de los pulsos.

3/ Respuestas biológicas precisas.

Alteraciones de la cinética del ciclo celular estableciendo el umbral de exposición a campos.

Efectos en la proliferación transformación celular.

Análisis de los umbrales de exposición llave de las señales de los mecanismos de transducción incluidos las interacciones de membrana.

Establecer los umbrales de exposición para inducir cambios estructurales y funcionales en la membrana celular incluidos, transporte iónico, actividades enzimáticas, permeabilidad de la membrana, cambios de propiedades de los receptores

Desarrollo de modelos controlados “in vitro” y que tengan directamente implicaciones para los mecanismos de interacción de campo incluidas las interacciones no lineales y los modelos de dinámica molecular.

Establecer consecuencias inductivas en áreas cerebrales expuestas en proximidad y estudiar los cambios funcionales en actividades funcionales superiores (memoria, lenguaje etc.).

Desde los organismos públicos y también desde la industria deben ponerse en marcha los mecanismos que permitan establecer con rapidez estos efectos reales, a pesar de la complejidad que aparece, y la infinitud de consecuentes que aún tan solo se apuntan. Sin embargo esto no es una hipótesis de trabajo, la existencia de cientos de millones de emisores de RF, obliga a las administraciones públicas y a la industria a establecer una cierta aplicación del “principio de precaución” hasta que no se conozcan con suficiente claridad las consecuencias para la salud. Conocer estas implicaciones obliga a una amplia colaboración multidisciplinar que será imposible sin la colaboración de las instituciones y los organismos responsables de la vigilancia y control de la salud.

3. Marco normativo

3.1 Normativa de exposición a los campos electromagnéticos[8]

La preocupación por la salud humana, y los factores que pudieran influir en ella han hecho que desde los años 60 se hayan llevado a cabo multitud de estudios sobre si la exposición a los campos eléctricos y magnéticos generados por las instalaciones eléctricas podría suponer algún tipo de riesgo para la salud. En los últimos años esta preocupación se ha extendido a todo el espectro de radiaciones electromagnéticas no ionizantes, sobre todo a las empleadas por equipos de uso cotidiano, como los hornos microondas o los teléfonos móviles y sus antenas de estaciones base instaladas en las azoteas de los edificios.

Debido a la presión social, e incluso política, algunos países y organismos científicos internacionales han creído conveniente establecer algún tipo de normativa de exposición a los campos electromagnéticos. En muchas ocasiones se ha hecho simplemente para tranquilizar a la población, que demandaba a la administración una respuesta clara y concisa a la pregunta de si estaban expuestos a niveles de campo potencialmente peligrosos. Sin embargo, elaborar una normativa ha sido, y sigue siendo, un tema realmente complicado. La ausencia de pruebas científicas fidedignas de que exista una relación entre exposición a campos electromagnéticos y enfermedad alguna ha obligado a los legisladores a adoptar una solución de compromiso. En la mayoría de los casos esta ha consistido en legislar sobre los únicos efectos nocivos conocidos y comprobados de los campos electromagnéticos: los efectos agudos o a corto plazo.

En este texto se utiliza la palabra "normativa" para designar, en general, a todo tipo de documento emitido por un organismo oficial en el que se incluya alguna forma de limitación de la exposición a campos electromagnéticos, cualquiera que sea su motivación, ámbito de aplicación, estatus legal o criterio para establecer esos límites.

Criterios para elaborar la normativa

Los exhaustivos estudios científicos llevados a cabo no han hallado pruebas de que unos campos de tan baja frecuencia e intensidad como los generados por las instalaciones eléctricas puedan producir efectos nocivos "a largo plazo" (es decir, enfermedades) en la salud. Así lo han declarado todos los organismos científicos que han estudiado este tema.

Sin embargo, estos campos sí pueden tener ciertos efectos sobre el organismo: inducción de cargas y corrientes eléctricas, percepción del campo por hormigueo, erizamiento del vello o magnetofosfenos ³/₄ esos destellos luminosos que se observan cuando nos frotamos los ojos³/₄, absorción de energía o corrientes de contacto cuando se toca un objeto expuesto. Estos son efectos agudos o "a corto plazo", y tras ser evaluados exhaustivamente han sido descartados como fuentes de posibles enfermedades.

Hay que destacar que NINGÚN país ni organismo científico ha establecido límites para la exposición a campos electromagnéticos para prevenir enfermedades. Toda la normativa existente actualmente se basa en unos de estos criterios:

Prevenir los efectos agudos a corto plazo.

Mantener el status quo (es decir, que las nuevas instalaciones y equipos no generen valores de campo superiores a los ya existentes).

Establecer distancias mínimas a edificaciones o lugares accesibles.

Además de los distintos criterios técnicos utilizados, las diferencias en cuanto a su estatus legal y su ámbito de aplicación hacen que la normativa internacional sobre exposición humana a campos electromagnéticos sea realmente dispersa. En cuanto al estatus legal hay cuatro grandes categorías de normativa (aunque a veces es difícil distinguir las):

Legislación. De obligado cumplimiento.

Normas. Elaboradas por organismos oficiales de normalización. No son de obligado cumplimiento, a no ser que la legislación de cada país las mencione explícitamente; pero en el caso de normas internacionales, cada país debe trasponerla a su normativa nacional.

Guías. No son de obligado cumplimiento, ni los países deben trasponerlas a su normativa; puede ser elaboradas por organismos normalizadores o científicos.

Recomendaciones. Tampoco son de obligado cumplimiento; suelen ser elaboradas por organismos científicos.

Y cada normativa se puede aplicar a:

Los campos eléctricos y magnéticos de un rango de frecuencias determinado o a todo el espectro electromagnético no ionizante.

Al público en general (exposición residencial) o sólo a trabajadores (exposición laboral).

Únicamente a los campos generados por determinadas instalaciones o a la exposición global.

Exposición constante o durante periodos determinados de tiempo.

3.2 Normativa internacional sobre exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial[9]

La normativa internacional más exigente y comúnmente aceptada es la promulgada por la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP, International Commission for Non Ionizing Radiation Protection) en 1998. ICNIRP es un organismo científico vinculado a la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), creado en 1992 con el objetivo de investigar los riesgos que pudieran resultar de la exposición a este tipo de radiaciones electromagnéticas y desarrollar técnicas de protección.

En su guía de 1998 [disponible en la dirección de Internet: <http://www.icnirp.de>], ICNIRP llegó a la conclusión, después de examinar toda la literatura científica, de que los únicos efectos nocivos conocidos y comprobados de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial son los efectos a corto plazo (agudos) que se producen cuando la densidad de corriente que estos campos inducen en el interior del organismo supera cierto valor umbral. Estos efectos se resumen en la siguiente tabla:

Densidad de corriente inducida
Efectos biológicos

< 1 mA/m²

No hay efectos biológicos.

1-10 mA/m²

Efectos biológicos mínimos, no significativos.

10-100 mA/m²

Posibles efectos sobre el sistema visual (fosfenos) y el sistema nervioso (pequeñas contracciones musculares), sin riesgos para la salud.

100-1.000 mA/m²

Estimulación de tejidos excitables, por ejemplo nervios o músculos (contracciones musculares y arritmias), con posibles riesgos para la salud.

> 1.000 mA/m²

Posibles extrasístoles y fibrilación ventricular, con riesgos comprobados para la salud.

La densidad de corriente endógena en el organismo humano ³/₄producida por la actividad eléctrica natural en su interior³/₄ está alrededor de 10 mA/m², aunque puede ser muy superior en zonas determinadas; por ejemplo, una contracción ventricular del corazón puede alcanzar 1.400 mA/m², y en algunas situaciones se puede llegar incluso a 10.000 mA/m².

Así pues, la restricción básica establecida por ICNIRP para los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia consiste en mantener en todo momento la densidad de corriente inducida por debajo de 10 mA/m². Además, introduce un factor de seguridad adicional de 5 para el público en general respecto a los trabajadores, ya que en el público puede haber individuos especialmente sensibles por alguna razón (niños, ancianos, enfermos) y que estén expuestos a valores de campo elevados durante mucho más tiempo (exposición residencial frente a la exposición laboral); por lo que la densidad de corriente inducida para el público no debe superar 2 mA/m².

El inconveniente de este parámetro es que no se puede medir directamente, por lo que hay que realizar unos cálculos para relacionarlo con otros que sí lo sean, como la intensidad de campo. Para ello se aplica un modelo matemático que tenga en cuenta tanto las propiedades eléctricas del organismo expuesto (conductividad y permisividad) como las condiciones de la exposición (tamaño, forma y posición del organismo), y se promedia en una región específica del cuerpo.

Con estas condiciones, la guía de ICNIRP establece los siguientes valores de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz:

Guía ICNIRP
Público
Trabajadores

Campo eléctrico

5 kV/m

10 kV/m

Campo magnético

100 mT

500 mT

En julio de 1999 el Consejo de la Unión Europea, de acuerdo con su Comité Científico Director, publicó en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas una Recomendación para limitar la exposición del público en general a campos electromagnéticos (de 0 Hz a 300 GHz). Esta recomendación se basa en gran medida en la guía de ICNIRP y uno de sus objetivos es homogeneizar la dispersa normativa sobre campos electromagnéticos de cada uno de los países de la Unión Europea. Básicamente, recomienda que el público no esté expuesto a campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz superiores a 5 kV/m y 100 mT, respectivamente, en zonas en las que pase bastante tiempo.

Otra iniciativa internacional destacable es la del Parlamento Europeo, que en 1994 emitió la Resolución A3-0238/94 sobre la lucha contra los efectos nocivos provocados por las radiaciones no ionizantes. En ella se hacía eco del gran incremento de todo tipo de radiaciones electromagnéticas artificiales en el medio ambiente, y que a pesar de que no estaba demostrada su peligrosidad para la salud, recomendaba seguir investigando. En lo relativo a las líneas de transporte de energía eléctrica a muy alta tensión, la Resolución pedía que cada estado estableciera pasillos a su alrededor en lo que se impida cualquier actividad permanente o edificación, pero no daba valores ni indicaba a partir de qué distancia se permitiría la edificación. Esta Resolución no ha sido traspuesta a la Directiva Comunitaria ni ha sido adoptada por ningún país miembro.

Italia es el único país del mundo cuya legislación impone unas distancias mínimas entre edificaciones y líneas eléctricas de alta tensión para limitar la exposición a los campos eléctricos y magnéticos, aunque data de 1992 (antes de que aprobara la Resolución del Parlamento Europeo). Estas distancias mínimas son:

10 metros a las líneas de 132 kV.

18 metros a las líneas de 220 kV.

28 metros a las líneas de 400 kV.

Hay que destacar que diversos países occidentales, entre los que se encuentran Suecia y el resto de los países nórdicos (Dinamarca, Finlandia y Noruega), así como Francia, Irlanda Portugal, Nueva Zelanda, Canadá, etc. no han promulgado ningún tipo de normativa para limitar la exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial, a pesar de que a veces se dice que sí lo han hecho.

En el caso de España, hoy en día tampoco existe una normativa específica sobre exposición a campos electromagnéticos, aunque el Ministerio de Sanidad y Consumo ha formado un grupo de expertos que está estudiando cómo implementar la Recomendación europea en nuestro país.

Por último, la Unión Europea está trabajando actualmente en la elaboración de una propuesta de Directiva sobre "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos", destinada a

mejorar la protección de los trabajadores frente al ruido audible, vibraciones mecánicas, radiación óptica y campos electromagnéticos.

Resumen de normativa

A continuación exponemos una tabla resumen de todas las normativas nacionales sobre exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial (50 Hz; en Estados Unidos son 60 Hz), en las que se detallan los valores, tanto para el público como para los trabajadores, el estatus legal de la normativa y en qué se basa.

Normativa internacional de exposición a campos eléctricos (en kv/m) y magnéticos (en mt) de frecuencia industrial

ORGANISMO

Trabajadores
Público
Estatus
Base

ICNIRP (para 50 Hz)

10 kV/m

500 mT

5 kV/m

100 mT

A

Z

PAÍS

Trabajadores
Público
Estatus
Base

UNIÓN EUROPEA (a)

-

5 kV/m

100 mT

A

Z

Alemania (b)

10 - 5 kV/m (a)

100 mT (a)

B

Z

Australia

30 - 10 kV/m (b)

5.000 - 500 mT (c)

10 (d) - 5 (e) kV/m

1.000 (f) - 100 (e) mT

A

Z

Austria

30 - 10 kV/m (b)

5.000 - 500 mT (c)

10 (d) - 5 kV/m

1.000 (f) - 100 mT

C

Z

Bélgica (b)

10 (g) - 7 (h) - 5 (i) kV/m

B

Y

Bulgaria

25 kV/m

1.200 mT

-

C

-

(*) Checoslovaquia (b)

15 (g) - 10 (h) - 1 (i) kV/m

C

Y , X

Estados Unidos

25 kV/m (o)

1.000 mT (p)

-

A

Z

Florida (b)
10 (j) - 8 (k) - 2 (l) kV/m

20 - 15 mT (r)
C
X , W

Minnesota (b)
8 kV/m (g)
D
Y

Montana (b)
7 (h) - 1 (l) kV/m
B
Y , X

New Jersey (b)
3 kV/m (l)
A
X

Nueva York (b)
11,8 (g) - 11 (m) - 7 (n) - 1,6 (l) kV/m

20 mT
D
W

Oregón (b)
9 kV/m (i)
B
X

Holanda
250-62,5-40 kV/m (q)

600 mT
8 kV/m

120 mT
A
Z

Hungría
-

5 kV/m

Italia (c)

-

10 - 5 kV/m (s)

1.000 - 100 mT (s)

B

Y

Japón (b)

3 (t)

B

X

Polonia

20 (u) - 15 kV/m

5.000 - 500 mT (v)

10 - 1 (w) kV/m

-

B

Y , X , Z

Reino Unido (b)

12 kV/m

1.600 mT

A

Z

Suiza (d)

5 kV/m

100 - 1 mT (x)

B

(*) U.R.S.S.

25 - 5 (y) kV/m

20 - 15 - 10 - 5 - 1 kV/m(z)

B

Y , X

(*) Actualmente son la República Checa, Eslovaquia y la C.E.I. (ignoramos si estas normativas siguen en vigor)

LEYENDA

ORGANISMO/PAÍS

- (a) Es una recomendación aplicable únicamente en sitios donde el público pase bastante tiempo.
- (b) Normativa referida al campo eléctrico y magnético generado únicamente por líneas eléctricas aéreas y en la que no se hace distinción entre trabajadores y público.
- (c) Italia, además, impone unas distancias mínimas a las líneas eléctricas de muy alta tensión:
(10 metros a líneas de 132 kV / 18 metros a líneas de 220 kV / 28 metros a líneas de 400 kV)
- (d) Legislación aplicable a los campos generados por instalaciones estacionarias (no incluye electrodomésticos).

EXPOSICIÓN DE TRABAJADORES Y PÚBLICO

- (a) Campo eléctrico y magnético generados por líneas eléctricas y transformadores de más de 1 kV. Se aplica en edificios o terrenos con presencia no puntual de personas. Se puede alcanzar valores de 10 kV/m y 200 mT durante cortos periodos de tiempo que no excedan el 5% del día.
- (b) El tiempo de exposición, en horas al día, viene dado por: $t < 80/E$
(siendo E la intensidad del campo eléctrico externo entre 10 y 30 kV/m).
- (c) Respectivamente: toda la jornada laboral y 2 horas al día. Se puede alcanzar 25.000 mT en extremidades.
- (d) Durante unas pocas horas al día. Se puede exceder unos minutos al día (hasta 20 kV/m durante 5 minutos en el caso de Austria) siempre que se tomen precauciones para prevenir efectos indirectos.
- (e) Durante 24 horas al día en espacios abiertos en donde se pueda asumir de forma razonable que el público pueda pasar una parte substancial del día.
- (f) Durante unas pocas horas al día. Se puede exceder unos minutos al día (hasta 2.000 mT durante 5 minutos en el caso de Austria) siempre que se tomen precauciones para prevenir efectos indirectos.
- (g, h, i, j, k, l, m, n) Respectivamente: campo generado por líneas eléctricas aéreas en general (g), en el cruce de carreteras (h), en áreas accesibles o habitadas (i), líneas de 500 kV (j), líneas de 69-230 kV (k), en el borde de la calle (l), y en el cruce de carreteras privadas (m) y carreteras públicas (n).

(o) Recomienda el uso de dispositivos de protección (como trajes aislantes) para campos por encima de 15 kV/m.

(p) La exposición de las extremidades puede alcanzar 5.000 mT. Los trabajadores con marcapasos no deben exponerse a campos por encima de 100 mT.

(q) Respectivamente: exposición del cuerpo, excluyendo la cabeza e incluyendo la cabeza, cuando no sean posibles efectos indirectos, y exposición cuando sean posibles efectos indirectos.

(r) Respectivamente, campo magnético generado por líneas eléctricas aéreas de 500 y 230 kV.

(s) Respectivamente, exposición durante unas pocas horas al día y donde se pueda asumir de forma razonable que el público pasa una parte significativa del día.

(t) No se aplica donde raramente haya personas presentes.

(u) Durante 2 horas al día como máximo.

(v) El tiempo de exposición, en horas al día, viene dado por: $D=H^2t$ (siendo H la intensidad del campo magnético externo en kA/m y $D=1,28(kA/m)^2h$; resultando 8 horas a 500 mT y 5 minutos a 5.000 mT).

(w) En zonas donde haya viviendas, hospitales, escuelas, etc.

(x) Se aplica a las líneas aéreas y subterráneas de nueva construcción de más de 1 kV y a todas las subestaciones y transformadores. Es posible hacer excepciones si se han tomado medidas adecuadas para reducir el campo.

(y) Exposición durante un periodo de tiempo (en horas al día) dado por: $t=50/E-2$ (siendo E la intensidad de campo eléctrico externo entre 5 y 20 kV/m; para valores entre 20-25 kV/m la duración máxima de la exposición será de 10 minutos).

(z) Respectivamente: campo eléctrico generado por líneas eléctricas aéreas en áreas no accesibles, deshabitadas, cruce de carreteras, áreas habitadas y edificios.

ESTATUS

A Guía o Recomendación.

B - Legislación (de obligado cumplimiento).

C - Norma (a veces con cierta fuerza legal) [En el caso de Austria es una Norma Experimental o Prenorma].

D - Valor exigido por la administración para autorizar la construcción de una nueva instalación eléctrica.

BASE

Z - Limitar la densidad de corriente inducida en el interior del organismo.

Y - Preocupación por posibles efectos en la salud.

X - Percepción de hormigueo en la piel o chispazos.

W - Limitar el campo a los valores que generan las instalaciones ya existentes.

3.3 Normativas que regulan los valores límite de exposición[10]

Para asegurar que los aparatos emisores de radiofrecuencia sean seguros y que su uso no interfiera con el de otros aparatos, se han adoptado normas internacionales, por diferentes organismos para el caso de emisiones no ionizantes, entornos no controlados (exposición permanente) y radiación continua, a continuación se destacan las más importantes.

Existe una norma experimental ENV 50116-2:1995 aprobada por el CENELEC y ratificada por AENOR como norma española experimental, esta norma es de aplicación provisional, en estos momentos el CENELEC a través del grupo de trabajo TC211 esta trabajando sobre el desarrollo de una nueva normativa, cuyos límites son los mismos que los establecidos por ICNIRP en abril del 98.

La Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), organización no gubernamental reconocida oficialmente por la OMS, ha establecido los límites admisibles de la exposición a campos de radiofrecuencia; publicando en abril de 1998 (Health Physics) el documento: "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300GHz)", que establece las líneas y directrices para limitar la exposición a campos electromagnéticos variables en el tiempo. Las directrices de la ICNIRP se prepararon sobre la base del examen colegiado de todas las publicaciones científicas, incluidas las relativas a los efectos térmicos y no térmicos.

Recientemente, el 12 de julio de 1999, se aprobó la recomendación del Consejo Europeo sobre la limitación de la exposición del público general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) (1999/519/EC). Cuyos límites coinciden con los establecidos en la de ICNIRP en las bandas en que coinciden ambas. La Comisión en esta recomendación invita a los Estados Miembros a adoptar un marco de restricciones básicas y niveles de referencias basados en las indicadas en la recomendación, así como procurar que se respetan los niveles establecidos.

En las Tablas 1 y 2 que siguen, se presentan los límites de exposición máximos cuantificados en forma de densidad de flujo de potencia recomendados por diferentes Países y Organismos Internacionales para el caso de emisiones no ionizantes, entornos no controlados (exposición permanente) y radiación continua.

Tabla 1

País

Límite (mW/cm²)¹

AUSTRALIA

0,45 a 900 MHz

0,90 a 1800 MHz

CANADA

1,0

CHECOSLOVAQUIA²

0,0025

ESPAÑA (INSHT)3
0,45

ESTADOS UNIDOS (ANSI)4
0,57

ESTADOS UNIDOS (FCC)5
0,57

ESTADOS UNIDOS (NCRP)6
0,57 a 900 MHz

1,0 a 1800 MHz

POLONIA
0,01

REINO UNIDO
0,57 a 900 MHz

1,00 a 1800 MHz

Notas:

1.- Cuando no se expresa distinción con la frecuencia, se entiende de 100 a 300.000 MHz.

2.- Actualmente República Checa

3.- INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

4.- ANSI: American National Standards Institute.

5.- FCC: Federal Communications Commission.

6.- NCRP: National Council on Radiation Protection.

Tabla 2

Organismo
Límite (mW/cm²)

CENELEC

Commite Européen de Normalization Electrotechnique)

0,45 a 900 MHz

0,90 a 1800 MHz

ICNIRP

International Commission on Non Ionizing Radiation Protection)
0,45 a 900 MHz

0,90 a 1800 MHz

Recomendación del Consejo de 12 de julio de 1999.
0,45 a 900 MHz

0,90 a 1800 MHz

A parte de estas recomendaciones y normas europeas, hay países que tienen normas legales en general de ámbito nacional, por los países siguientes: Alemania (DIN VDE 848), Australia, Austria (ÖNORM S 1120), Bulgaria, Canadá, Finlandia, Polonia, Suecia (NBOSH) y USA /ANSI (C95.1-1991).

En España, los valores de potencia de transmisión de las estaciones base están limitada por la ley (BOE 231, del 27/09/1994; Orden del 26/09/1994). Los máximos permitidos de potencia radiada han sido fijados en 320 W para el sistema GSM-900 y en 20 W para el DCS-1800. Los valores reales de potencia de transmisión de las estaciones base suelen ser netamente inferiores a los límites establecidos. Así, por ejemplo, para el sistema GSM-900 denominado “Movistar”, las potencias se encuentran en un rango desde 30 W a 250 W, dependiendo del entorno, del objetivo de cobertura, de la densidad de estaciones base de la zona, del tipo de antena, etc. (información facilitada por Telefónica Móviles).

4. Percepción pública[11]

Por lo que respecta a España la inquietud social acerca de los efectos en la salud de los campos electromagnéticos procedentes de instalaciones o redes de energía eléctrica o de telecomunicaciones no alcanza más allá de una docena de años. Sin embargo, esa inquietud, transformada en descontento y a veces en verdadera ira contra las empresas implicadas y las Administraciones competentes, no ha cesado de incrementarse, alcanzando actualmente niveles de auténtica generalización territorial, contándose por decenas las asociaciones y plataformas que mantienen pulsos reivindicativos con empresas e instituciones.

Se cifra en 25 o 30 años el período en el que la polémica científico-tecnológica sobre los efectos de los campos electromagnéticos en la salud y el medio ambiente ha alcanzado relevancia social, con reflejos en la opinión pública cada vez más nítidos o acentuados. Así, la obra *The zapping of América*, del periodista norteamericano Paul Brodeur, reflejaba ya en 1977 una larga lista de síntomas en la salud en distintos colectivos, de suspicacias entre el público y de actitudes críticas en una parte de la comunidad científica.

Dado que la dinámica de este fenómeno social muestra evidentes signos de permanencia e incluso de agravación, procede sintetizar la descripción, tanto de las causas que los han originado como de las formas que adquieren las expresiones de protesta.

A. Sobre las causas

En general, las tecnologías de las que se derivan campos electromagnéticos en el entorno, se han ido extendido sin análisis ni pruebas suficientes acerca de la inocuidad de estos efectos físicos.

A lo anterior han contribuido notablemente dos factores de peso. El primero es el enorme poder económico y político de las empresas de electricidad y telecomunicaciones, hasta ahora asimilables al propio Estado; el papel desempeñado de servicio público ha contribuido a ello en gran medida. El segundo es el alto “prestigio” social de las técnicas relacionadas con la electricidad, la electrónica o las telecomunicaciones, rodeadas de un aura que las hace esenciales a todo proceso de desarrollo y modernización.

La consecuencia ha sido que estas tecnologías, mejor, las empresas que las desarrollan y comercializan, no se han visto obligadas –ni social ni políticamente- a garantizar márgenes de seguridad ampliamente asumibles.

Como actitud general, las Administraciones públicas han estado –y están- mucho más próximas a las empresas que a las organizaciones ciudadanas, observando frente a este problema (como a casi todos los de índole sanitaria o ambiental) un comportamiento tardío, seguidista y falta en general de reflejos y de iniciativa.

Mientras tanto, las aportaciones críticas y disconformes han ido aumentando, en tono y extensión, entre los colectivos de científicos, llegándose a una situación de verdadera desmitificación de esas tecnologías, que han empezado a ser acusadas de producir daños e impactos sin precedente.

B. Sobre las formas expresivas de la inquietud

A consecuencia de todo lo anterior, el ciudadano ha sentido, en sus reclamaciones o reivindicaciones más o menos personales, un claro distanciamiento entre sus intereses y los de esas empresas o administraciones, con sentimientos en auge de impotencia e indefensión, lo que ha generado un malestar creciente y generalizado.

Con mayor o menor fundamento, se han ido acumulando las pruebas contra la pretendida inocuidad de los campos electromagnéticos, consistentes en una variada gama de enfermedades o síntomas patológicos, lo que ha acelerado el descontento y ha teñido de tintes dramáticos ciertos casos conocidos. Las empresas nunca han reconocido su responsabilidad en daño alguno, insistiendo en su posición: Ningún estudio científico demuestra que pueda haber daño fisiológico alguno por los campos electromagnéticos. La opinión pública, por su parte, recusa ese principio por razones tanto éticas como científicas, anteponiendo este otro: Nadie puede garantizar que no existan efectos negativos. Y lanzan sobre las empresas la responsabilidad de la prueba de la carga: son ellas las obligadas a dar las garantías científico-técnicas y sociales suficientes.

La opinión pública, organizada en asociaciones, grupos y plataformas, viene desempeñando un papel esencial en el desarrollo de la polémica, forzando a las tomas de posición de las diversas partes en conflicto, especialmente las Administraciones (mucho más la local y autonómica que la estatal) que se ven obligadas a separarse de los criterios e intereses de las empresas. Con su acción, las asociaciones contribuyen a la producción de estudios analíticos y epidemiológicos, a la revisión y elaboración de normativa y a la generación incluso de precedentes judiciales de creciente interés.

Recogiendo la experiencia de problemas y tensiones semejantes a lo largo del último cuarto de siglo, las asociaciones desconfían de los organismos internacionales de los que emana la

normativa, por haber mostrado muchas veces sus vínculos con los sectores económicos y con la parte más contemporizadora de la comunidad científica internacional.

Aunque en esta dialéctica entre empresas y sociedad los primeros conflictos han tenido que ver con líneas eléctricas de transporte a alta tensión o con subestaciones y transformadores, ha sido con motivo de la extraordinaria expansión consumista de las telecomunicaciones como se ha llegado a una situación de verdadera crisis entre la opinión pública y los niveles institucionales (empresas y administraciones).

En este forcejeo, grupos vecinales y ecologistas (a los que se van a añadiendo grupos de científicos y corporaciones de tipo profesional e incluso político o sindical) vienen desplegando su actividad de denuncia y exigencia basándose en principios indiscutibles, como son los derechos constitucionales a la salud y su garantía; la obligación de las instituciones de atender a los intereses ciudadanos siempre con preferencia a los intereses empresariales; el deber ciudadano y ético de los científicos y técnicos a asumir un papel activo a favor de la sociedad; y el carácter generoso, público y en definitiva social, de su propio papel crítico y reivindicativo.

Noviembre 2000

[1] Alicia Torrego (Colegio de Físicos) y Luis Ayuso (Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales). Comité Organizador del V Congreso Nacional del Medio Ambiente.

[2] Luis Ayuso. Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales.

[3] Luis Ayuso. Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales.

[4] Carlos Llanos. Departamento de Medio Ambiente. Red Eléctrica de España.

[5] Silvia Guzmán. Departamento de Medio Ambiente. Telefónica Móviles.

[6] Aportación presentada por Dr. Alejandro Ubeda, Investigador del Laboratorio BioElectroMagnética. Dpto. de Investigación del Hospital Ramón y Cajal y Francisco Vargas, Subdirector General de Sanidad Ambiental del Ministerio de Sanidad y Consumo.

Por razones de espacio se han suprimido, en esta versión preliminar del documento del grupo de trabajo, las referencias bibliográficas que avalan este trabajo. En el documento final se incluirán íntegramente.

[7] Aportación presentada por Dr. Ceferino Maestú y Dr. José Luis Bardasano, Dtor. del Dpto. de Especialidades Médicas, Facultad de Medicina, Universidad de Alcalá de Henares.

Por razones de espacio se han suprimido, en esta versión preliminar del documento del grupo de trabajo, las referencias bibliográficas que avalan este trabajo. En el documento final se incluirán íntegramente.

[8] Carlos Llanos. Departamento de Medio Ambiente. Red Eléctrica de España.

Por razones de espacio se han suprimido, en esta versión preliminar del documento del grupo de trabajo, las referencias bibliográficas que avalan este trabajo. En el documento final se incluirán íntegramente.

[9] Carlos Llanos. Departamento de Medio Ambiente. Red Eléctrica de España.

Por razones de espacio se han suprimido, en esta versión preliminar del documento del grupo de trabajo, las referencias bibliográficas que avalan este trabajo. En el documento final se incluirán íntegramente.

[10] Silvia Guzmán. Departamento de Medio Ambiente. Telefónica Móviles.

Por razones de espacio se han suprimido, en esta versión preliminar del documento del grupo de trabajo, las referencias bibliográficas que avalan este trabajo. En el documento final se incluirán íntegramente.

[11] Pedro Costa Morata. Colegio de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones, con la colaboración de Juan Manuel Román, CAVE.