



MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO

# **“Campos electromagnéticos y salud pública”**

Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo a partir del informe técnico realizado por el Comité de Expertos Independientes

**Ministerio de Sanidad y Consumo**

Dirección General de Salud Pública y Consumo

***Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral***

Madrid, 11 de mayo de 2001

---

---

---

## υ contenido

Justificación de la necesidad del estudio	<b>Página 3</b>
Objetivos de la investigación	<b>Página 7</b>
Metodología de trabajo	<b>Página 8</b>
Conclusiones finales	<b>Página 10</b>
Recomendaciones del Comité de Expertos al MSC	<b>Página 12</b>
Anexos	<b>Página 15</b>
Relación de miembros del Comité de Expertos	
Cuadros-resumen	
Normativa y legislación de referencia	
Glosario de términos más usuales	

---

---

---

## υ justificación de la necesidad del estudio

- En los últimos años, los ciudadanos españoles han mostrado una **creciente preocupación por la incidencia que pudiera tener en la salud la exposición involuntaria o inconsciente a campos electromagnéticos (CEM)**.
- El origen de esta inquietud se encuentra en la publicación, hace años, de algunos estudios epidemiológicos que asociaron esta exposición a campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas, procedentes de líneas de alta tensión, con determinados tipos de patologías.
- Este interés social, sin embargo, se ha intensificado en los últimos años como consecuencia de la **continuada instalación de antenas de telefonía y por el uso generalizado de terminales móviles**.
- Así las cosas, **los ciudadanos españoles**, cada día en mayor medida y al igual que ha sucedido en otros países europeos de nuestro entorno, **demandan información objetiva, clara y transparente a las diferentes administraciones públicas**, ya sea en el ámbito local, autonómico o central. Información que permita, a su vez, ofrecer datos científicos contrastados y rigurosos acerca de los efectos reales de los campos electromagnéticos, independientemente de que su fuente se encuentre en

las líneas de alta tensión, los electrodomésticos, las antenas de radio, televisión o de telefonía móvil<sup>1</sup>.

- Con el propósito de dar respuesta a estas peticiones, **el Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea publicó**, el 12 de julio de 1999, **una recomendación relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 Herzios (Hz) a 300 Gigaherzios (GHz)**, en cuyo desarrollo colaboraron y participaron, desde un primer momento, **técnicos del Ministerio de Sanidad y Consumo**.
  
- En esta recomendación<sup>2</sup>, **el Consejo planteaba a los Estados Miembros una serie de medidas que incluían, entre otros, los siguientes aspectos:**
  - Adoptar un marco de restricciones básicas y niveles de referencia. Las restricciones básicas recomendadas están basadas en aquellos efectos sobre la salud que están bien establecidos. Los niveles de referencia permiten realizar la evaluación práctica de la exposición.
  
  - Aplicar medidas de control en relación con las fuentes específicas que dan lugar a la exposición de los ciudadanos cuando este tiempo sea importante.

---

<sup>1</sup> Las evidencias científicas disponibles acerca de los efectos biológicos y de los efectos de los CEM sobre la salud son muy numerosas. En los últimos tres años, por ejemplo, se han publicado alrededor de 900 artículos en revistas científicas internacionales que, al tiempo, han sido objeto de más de 30 recopilaciones y revisiones realizadas por expertos y recogidas en documentos monográficos, libros y prensa especializada.

<sup>2</sup> A diferencia de las directivas y de los reglamentos, una recomendación no es de obligado cumplimiento para los Estados miembros.

- Realizar una valoración de la relación coste-beneficio de las estrategias a adoptar para la protección de la salud.
  - Aplicar procedimientos normalizados o certificados europeos o nacionales de cálculo y medición para evaluar el respeto a las restricciones básicas.
  - Proporcionar al público información en un formato adecuado sobre los efectos de los CEM y las medidas para prevenirlos.
  - Elaborar informes sobre las medidas que se apliquen en cumplimiento de las recomendaciones.
  - Promocionar la investigación sobre CEM y salud humana.
- En esta línea, **el Estado español**, a través de la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral (dependiente de la Dirección General de Salud Pública y Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo), **convocó a un comité pluridisciplinar de expertos independientes**, relacionados con la evaluación del riesgo de los campos electromagnéticos (CEM) sobre la salud humana y de reconocido prestigio nacional e internacional, con el fin de elaborar un informe técnico acerca de los CEM y su posible incidencia en la salud pública. Este grupo de trabajo celebró su reunión de constitución el 7 de marzo de 2000.
- **El Comité de Expertos ha basado su trabajo –y las recomendaciones que se proponen– en la investigación de la evidencia científica existente en la actualidad**, dado que para alcanzar el nivel de información que este documento requería era preciso realizar un examen exhaustivo de la bibliografía científica publicada hasta la fecha, analizar ésta en su conjunto, valorar si los datos científicos eran o no concluyentes y aplicar un

“principio de precaución” cuando las evidencias podían ser discrepantes o existiesen aún cuestiones abiertas.

- Es importante señalar que en estos momentos se están llevando a cabo varios estudios cuyos resultados –todavía no disponibles– pudieran ser de relevancia en materia de CEM y salud pública<sup>3</sup>. **En consecuencia, el presente documento no debe ser interpretado como un texto cerrado, sino que, por el contrario, ha de mantenerse abierto.**
- **El Ministerio de Sanidad y Consumo, por último, desea expresar su reconocimiento al trabajo realizado por el Comité de Expertos**, pues entiende que la labor encomendada demandaba de cada uno de ellos la adopción de decisiones en una materia de salud pública difícil de abordar por sus implicaciones políticas, éticas, sociales y económicas.

**Los integrantes del grupo de expertos, en cualquier caso, aceptaron este cometido, y se comprometieron, además, a la redacción de un documento conjunto;** un texto en el que confluyesen no ya sólo los conocimientos y la experiencia en la materia sino también los diversos puntos de vista y opiniones provenientes de especialistas de disciplinas heterogéneas.

---

<sup>3</sup> En Europa, en la actualidad, están en marcha varios programas de investigación dependientes de diversos organismos e instituciones internacionales (OMS, IARC, ICNIRP...), así como de centros de investigación de numerosos países. Hasta la fecha, según el dictamen del Comité de Expertos, la contribución española al desarrollo de la investigación en esta materia ha sido escasa. De acuerdo con los datos disponibles, el primer generador mundial de información científica en esta materia es Estados Unidos, muy por encima del conjunto de los países europeos.

---

---

---

## o objetivos de la investigación

- **Despejar las incertidumbres** sobre eventuales riesgos para la salud derivados de la exposición a campos electromagnéticos ambientales (CEM).
- **Realizar una evaluación de la evidencia científica disponible** acerca de las consecuencias potenciales de los CEM sobre la salud.
- **Valorar si la Recomendación** del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CE) **era suficiente para garantizar la salud de la población.**
- **Aportar, en su caso, nuevas propuestas para que el Ministerio de Sanidad y Consumo adopte las medidas más eficaces** de protección sanitaria.
- **Fundamentar, si procede, la normativa que debería regular los límites de exposición a los CEM,** dentro de unos niveles que permitan el control de potenciales riesgos para la salud pública.

---

---

---

## υ metodología de trabajo

Para llevar a cabo el informe técnico “Campos electromagnéticos y salud pública”, el Ministerio de Sanidad y Consumo, a través de la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral (Dirección General de Salud Pública y Consumo), convocó a un grupo de nueve expertos independientes, pertenecientes exclusivamente a organismos públicos, todos ellos relacionados con la evaluación de los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) y de reconocido prestigio nacional e internacional.

Los integrantes de este comité, para desarrollar su trabajo, fueron comisionados para estudiar y evaluar la evidencia científica sobre potenciales efectos nocivos de la exposición a los CEM ambientales, con el fin de establecer un conjunto de conclusiones y recomendaciones dirigidas a la protección de la salud de los ciudadanos. En la primera reunión conjunta de trabajo, los miembros del Comité de Expertos acordaron los criterios de evaluación de la evidencia científica y establecieron las pautas comunes de trabajo.

Para la evaluación de la evidencia científica se tuvo en cuenta, particularmente, la solidez de los datos publicados (validez de los protocolos experimentales, valoración estadística de los datos y su eventual replicación por grupos independientes, entre otros criterios) y la relevancia de los resultados para la salud humana (diferenciándose entre efectos biológicos en cultivos de células, por ejemplo, y los efectos sobre la salud).



Tras un periodo de análisis y revisión crítica de la literatura más destacada publicada hasta la fecha (tanto artículos y estudios como revisiones académicas y científicas de los mismos por parte de expertos y comités ad hoc), los coordinadores designados para la investigación (Francisco Vargas y Alejandro Úbeda) elaboraron un borrador básico de trabajo. Documento al que cada uno de los miembros del Comité, según su área de experiencia, efectuó libremente los cambios que entendió convenientes en los respectivos apartados.

Las sucesivas versiones del informe técnico fueron analizadas en su conjunto por el comité a lo largo de diversas reuniones celebradas en la sede del Ministerio de Sanidad y Consumo, y mediante un intercambio continuado de información.

El documento final alcanzado, por tanto, es consecuencia del debate, la reflexión y el consenso, y plasma el equilibrio entre las distintas disciplinas involucradas, heterogéneas pero complementarias.

---

---

---

## υ conclusiones finales del informe

Tras la investigación llevada a cabo, **el Comité de Expertos** constituido a instancias del Ministerio de Sanidad y Consumo (MSC) para analizar la incidencia de los campos electromagnéticos (CEM) en la salud **concluye que, a la luz de los conocimientos científicos actuales, se puede afirmar que**

📶 **la exposición a campos electromagnéticos no ocasiona efectos adversos para la salud**, dentro de los límites establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CE), relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos de 0 Hz. a 300 GHz.;

📶 **el cumplimiento de la citada recomendación<sup>4</sup> es suficiente para garantizar la protección sanitaria de los ciudadanos;**

---

<sup>4</sup> La Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CE) se refiere a la limitación de la exposición procedente de las fuentes artificiales de campos electromagnéticos, e incluye, entre otras:

- Sistemas de transporte ferroviario, metro, tranvías...
- Líneas eléctricas y aparatos eléctricos
- Transmisores de radiodifusión
- Sistemas de telefonía móvil
- Estaciones de bases de telefonía móvil
- Enlaces microondas
- Radar
- ...

- 📡 **en experimentos de laboratorio, se han detectado respuestas biológicas que, sin embargo, no son indicativas de efectos nocivos para la salud;**
  
- 📡 **no se ha identificado, hasta el momento, ningún mecanismo biológico que muestre una posible relación causal entre la exposición a CEM y el riesgo de padecer alguna enfermedad;**
  
- 📡 **a los valores de potencia de emisión actuales, a las distancias calculadas en función de los criterios de la recomendación, y sobre las bases de la evidencia científica disponible, las antenas de telefonía y los terminales móviles no representan un peligro para la salud pública;**
  
- 📡 **en cumplimiento del principio de precaución, y a pesar de la ausencia de indicios de efectos nocivos para la salud, conviene fomentar el control sanitario y la vigilancia epidemiológica con el fin de hacer un seguimiento a medio y largo plazo de las exposiciones a campos electromagnéticos.**

---

---

---

o recomendaciones del  
Comité de Expertos al  
MSC

**El Comité de Expertos** constituido para analizar la incidencia de los campos electromagnéticos en la salud, a la luz de la evidencia científica disponible y **en atención al principio de precaución, propone al Ministerio de Sanidad y Consumo las siguientes recomendaciones para su consideración:**

**1**

**Establecer una normativa que regule la aplicación de los principios recogidos en la Recomendación** del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CE), incluyendo los aspectos relacionados con los productos sanitarios (prótesis metálicas, marcapasos, desfibriladores cardíacos...).

**2**

**Fomentar, desde el ámbito de las administraciones central y autonómica, la investigación clínica, experimental y epidemiológica** sobre los efectos de la exposición a los campos electromagnéticos (CEM) procedentes de cualquier fuente emisora.

En este mismo sentido, **establecer líneas prioritarias de financiación para el estudio de los citados efectos**, bien sea a través del Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS) o de otros programas de contenido similar.

**3**

**Procurar que las diferentes administraciones sanitarias cuenten con los medios técnicos y profesionales suficientes**, de tal forma que se permita la evaluación, gestión y comunicación del riesgo potencial emanado de la exposición a los CEM.

**4**

**Abordar la gestión de nuevos riesgos ambientales que tienen una repercusión directa en la salud pública a través de las unidades de sanidad ambiental** adscritas al Ministerio de Sanidad y Consumo y a las consejerías de Sanidad de las comunidades autónomas, para lo cual se sugiere una reorganización y fortalecimiento de estas instancias.

**5**

**Promover una campaña informativa que explique** a los ciudadanos –en un formato fácilmente comprensible– **los conocimientos científicos actuales acerca de los efectos** de las radiofrecuencias en la salud.

**6**

**Impulsar el desarrollo de estudios de evaluación del riesgo que permitan identificar las fuentes o prácticas inadecuadas que darían lugar a la exposición electromagnética de los individuos**, a fin de adoptar las medidas efectivas de protección sanitaria, tal y como establece la Recomendación 1999/519/CE de 12 de julio.

**7**

**En relación a los campos electromagnéticos de frecuencia industrial, no se recomienda la realización de más estudios sobre la**

**población general**, pues se entiende que no aportarían información de relevancia, tal y como se ha demostrado en trabajos epidemiológicos previos.

**El Ministerio de Sanidad y Consumo, en todo caso, en función del mencionado principio de precaución, tendría que fomentar la elaboración de investigaciones epidemiológicas en poblaciones altamente expuestas.**

## **8**

Con respecto a **la telefonía móvil y los campos electromagnéticos derivados**, y a juicio del Comité de Expertos, **las autoridades sanitarias, nuevamente por un principio de precaución, deberían**

- 9 **instar a las compañías fabricantes de terminales celulares a clasificar y etiquetar sus productos** –de forma clara y sencilla– en función de sus potencias de emisión;
- 9 **actualizar los procedimientos de solicitud, autorización, instalación e inspección de antenas de telefonía**, con el fin de que los ciudadanos estén convenientemente informados y adopten las decisiones que consideren más idóneas a la hora de permitir la instalación de estos equipos en sus propiedades;
- 9 **garantizar el cumplimiento de la Recomendación de la UE, especialmente en el caso de la instalación de estaciones base en las inmediaciones de espacios sensibles**, tales como centros educativos, de salud, hospitales o parques públicos, y evitar que el haz de emisión directa de estas antenas afecte o se dirija a dichas zonas;

- 9 **promover un uso racional de los teléfonos móviles,** particularmente en grupos de especial atención (niños, adolescentes o portadores de implantes activos, entre otros) con objeto de reducir exposiciones innecesarias a los CEM.



## v anexos



---

---

---

## ∪ relación de miembros del Comité de Expertos

∅∅∅

### **COORDINADORES**

Francisco Vargas y Alejandro Úbeda

∅∅∅

### **MIEMBROS DEL COMITÉ**

∪ **Azanza Ruiz, María Jesús**

Catedrática de Biología y Magnetobiología. Facultad de Medicina,  
Universidad de Zaragoza

∪ **Ferrero Andreu, Lluís**

Ingeniero. Director del Programa de Espacio Público Oficina Técnica  
de Cooperación, Diputación de Barcelona

∪ **Kogevinas, Manolis**

Epidemiólogo. Instituto Municipal de Investigación Médica (IMIM),  
Barcelona

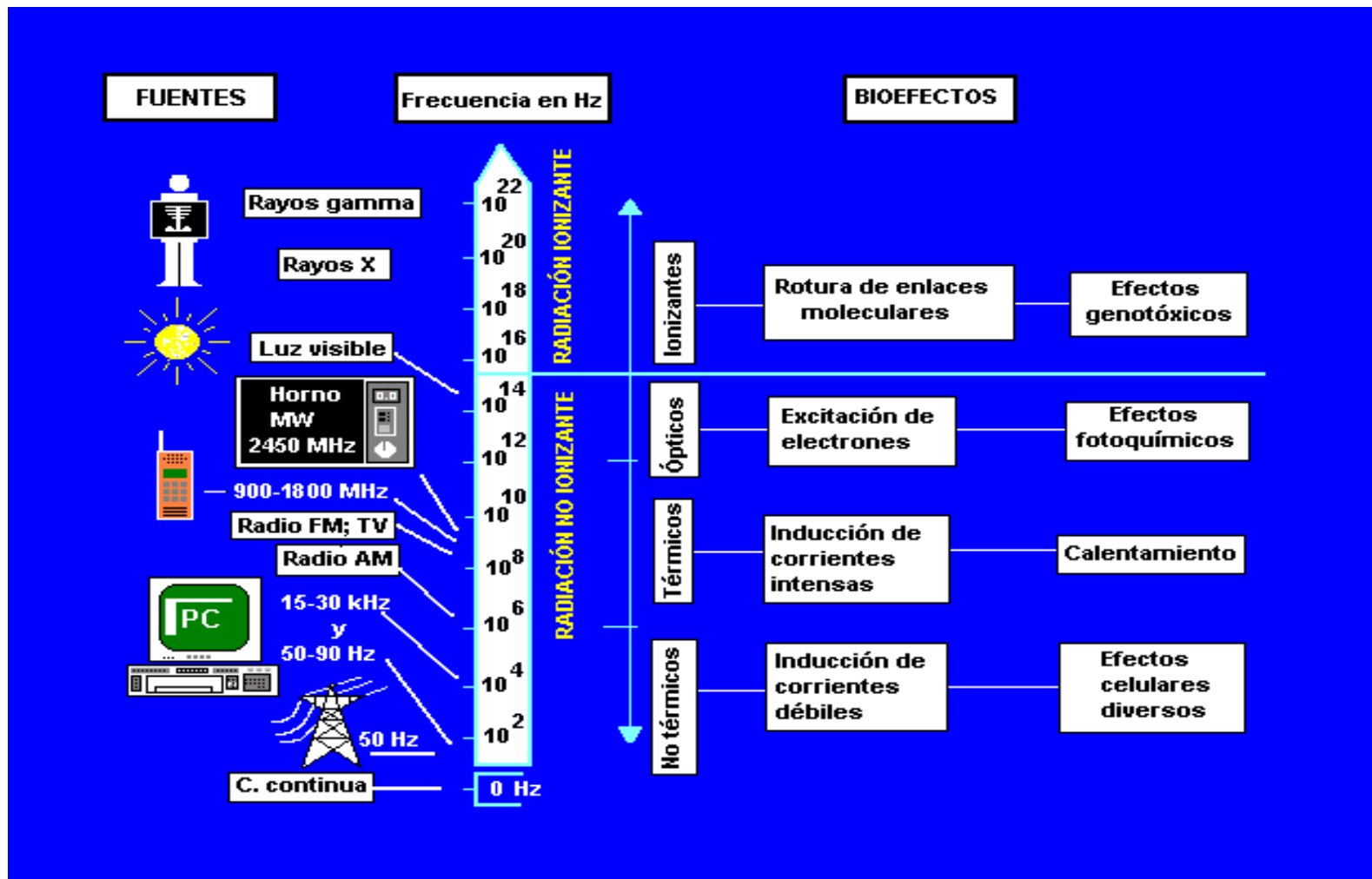
- ↳ **Martínez Búrdalo, Mercedes**  
Investigadora científica del CSIC. Jefe del Departamento de Radiación Electromagnética. Instituto de Física Aplicada
  
- ↳ **Represa de la Guerra, Juan José**  
Catedrático de la Facultad de Medicina de Valladolid. Investigador del IBGM-Consejo Superior de Investigaciones Científicas
  
- ↳ **Sebastián Franco, José Luis**  
Catedrático de Electromagnetismo. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense
  
- ↳ **Úbeda Maeso, Alejandro**  
Investigador. Servicio de Bioelectromagnetismo. Departamento de Investigación. Hospital Ramón y Cajal. Madrid
  
- ↳ **Vargas Marcos, Francisco**  
Médico de Sanidad Nacional. Subdirector General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Dirección General de Salud Pública y Consumo. Ministerio de Sanidad y Consumo
  
- ↳ **Zabala Lekue, Eduardo**  
Doctor Ingeniero Industrial. Jefe del Área de Compatibilidad Electromagnética. Fundación LABEIN. Parque Tecnológico de Zamudio. Bilbao

---

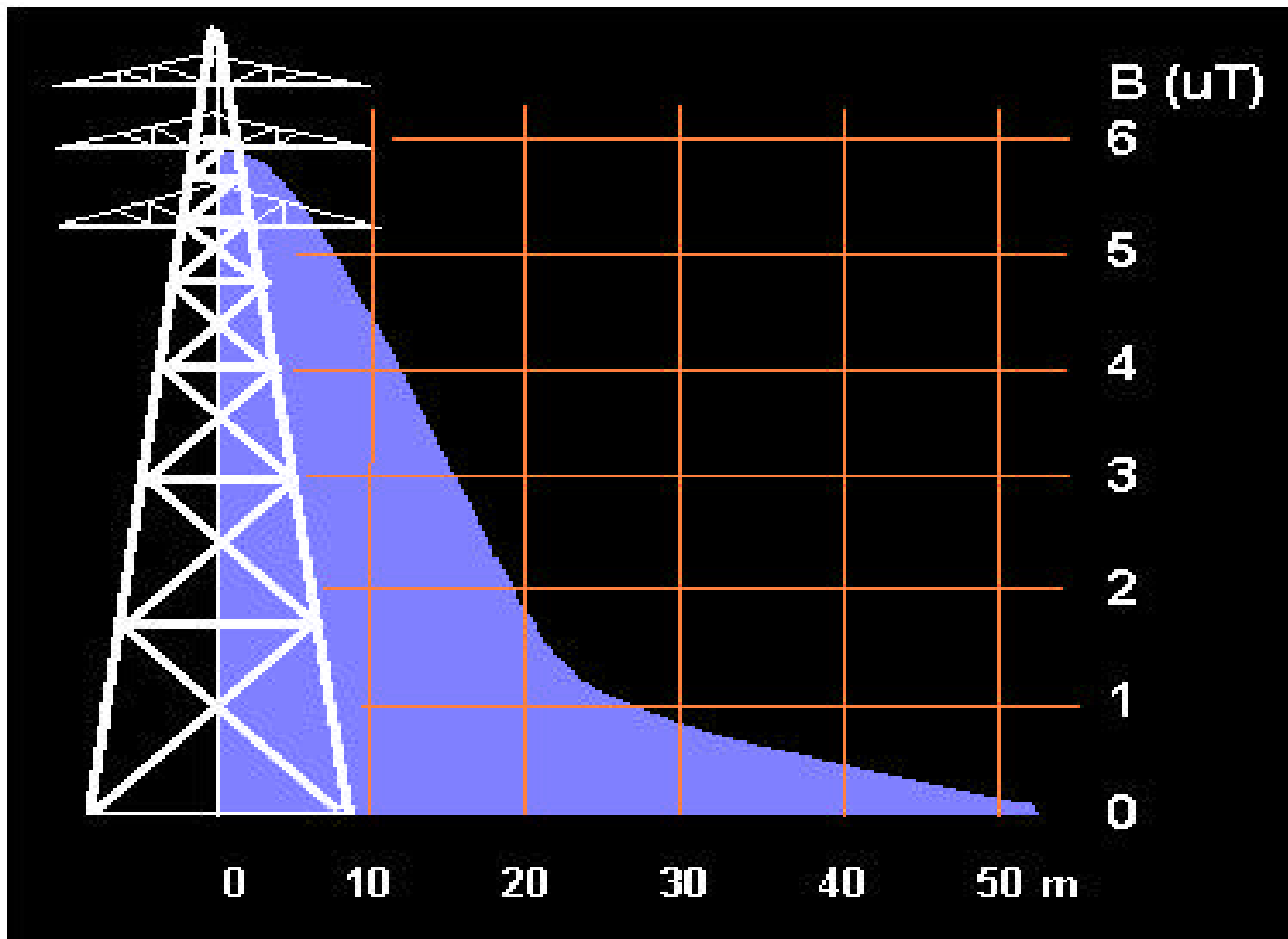
---

---

v cuadros-resumen



CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SUS EFECTOS BIOLÓGICOS EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIAS DE LAS ONDAS.



Valores de densidad de flujo magnético ( $B$ , en microteslas,  $\mu T$ ), medidos a un metro de altura sobre el suelo, en las cercanías de una línea de transporte eléctrico (la torre no está representada a escala). Se observa que los valores de  $B$  se reducen significativamente al aumentar la distancia a la línea. Así, en la vertical de la línea,  $B$  podría alcanzar valores de hasta 6  $\mu T$ ; a 15 metros de la línea,  $B$  se reduciría a la mitad, y para distancias superiores a 30 metros,  $B$  estaría en el orden de las décimas de microtesla. El Consejo de Ministros de Sanidad de la UE recomienda que el público no esté expuesto a niveles de  $B$  superiores a 100  $\mu T$ .

## CONDICIONES FRECUENTES DE INCOMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

	<b>Implantes activos (Marcapasos)</b>	<b>Prótesis Metálicas</b>	<b>Grapas o partículas metálicas</b>	<b>Otras condiciones</b>
<b>Diagnóstico por Resonancia Magnética</b>	SI	SI	SI	NO <sup>1</sup>
<b>Terapia por Microondas</b>	SI	SI	NO	NO <sup>1</sup>
<b>Terapia por Onda corta</b>	SI	SI	NO	NO <sup>1</sup>
<b>Magnetoterapia</b>	SI	SI	NO	NO <sup>1</sup>
<b>Detectores metales (aeropuertos)</b>	SI	NO	NO	NO
<b>Detectores antirrobo (comercios)</b>	NO <sup>2</sup>	NO	NO	NO
<b>Exposiciones ocupacionales a CEM intensos</b>	SI <sup>3</sup>	SI <sup>3</sup>	NO	SI <sup>1-3</sup>
<b>Hornos microondas domésticos</b>	NO	NO	NO	NO
<b>Cocinas inducción domésticas</b>	NO <sup>4</sup>	NO	NO	NO
<b>Otros electrodomésticos</b>	NO	NO	NO	NO
<b>Viviendas próximas a líneas alta tensión</b>	NO	NO	NO	NO
<b>Viviendas próximas a estaciones base</b>	NO	NO	NO	NO
<b>Usuario de teléfono móvil</b>	NO <sup>5</sup>	NO	NO	SI <sup>6-7-8</sup>
<b>Proximidad a usuarios de teléfono móvil</b>	NO	NO	NO	SI <sup>6-7-8</sup>

### **NOTAS**

**SI:** Conviene tomar precauciones e informarse de los posibles riesgos. Esto no implica que en ausencia de precauciones la exposición provocaría necesariamente un daño para la salud.

**NO:** No sería necesario tomar precauciones especiales.

**1**

Las mujeres gestantes deben informar de su condición a la persona responsable del equipo.

**2**

Aunque no existe casuística suficiente, algunos casos de disfunción en determinados modelos de marcapasos han sido achacados a interferencias con sistemas antirrobo instalados en las salidas de los comercios. Los responsables de estas instalaciones deben velar para que la potencia de los CEM en estos sistemas no exceda los niveles mínimos necesarios.

### **3**

Dependiendo de la naturaleza de la exposición. Los trabajadores deben informarse sobre las características del ambiente electromagnético en que desempeñan sus tareas.

### **4**

No se ha descrito ningún caso de disfunción en marcapasos achacado al uso de cocinas de inducción. Sin embargo, estudios de laboratorio indican que, en condiciones adversas extremas y haciendo un uso inapropiado del sistema, algunos modelos de marcapasos podrían ser susceptibles a los CEM. Los portadores de marcapasos que sean usuarios de estas cocinas deberán poner atención al correcto manejo de dicho electrodoméstico.

### **5**

Un análisis de riesgos revela que podrían darse problemas de mal funcionamiento del implante en 1/100000 portadores de marcapasos (Irnich y col., 1996). Estos autores recomiendan el uso de marcapasos no susceptibles y la adopción de medidas de precaución tales como evitar portar el teléfono en el bolsillo de la chaqueta o camisa próximo al implante. Sin embargo, por un principio de cautela se recomienda mantener el teléfono a una distancia superior a 20 cm del cuerpo de las personas portadoras de marcapasos.

### **6**

El funcionamiento de algunos equipos médicos del tipo de los que se emplean en zonas hospitalarias de cuidados intensivos, puede ser afectado por los CEM emitidos por un teléfono móvil que se encuentre en sus proximidades. El empleo de estos teléfonos está restringido, o completamente prohibido, en los hospitales.

### **7**

Los fabricantes de algunos modelos de automóviles advierten que los CEM de teléfonos móviles pueden afectar al funcionamiento de sistemas de seguridad como los "air bags." El propietario debe leer con atención el manual de uso de su automóvil. En todo caso, es necesario recordar que el uso del teléfono móvil por parte del conductor de un vehículo en movimiento es causa de numerosos accidentes y está terminantemente prohibido.

### **8**

El uso de teléfonos móviles está prohibido en muchas estaciones de gasolina y cerca de depósitos de combustible. La justificación se encuentra en presuntos antecedentes de

incendios provocados por descargas cuya fuente ha sido un teléfono móvil. La existencia de accidentes de esa naturaleza es cuestionable.



- 
- 
- 
- u Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (CMSUE) relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)

*Resumen de restricciones básicas y niveles de referencia establecidos*

*Fuente: Diario Oficial de las Comunidades Europeas del 12 de julio de 1999*

000

## **I. DEFINICIONES**

A los fines de esta Recomendación, el término campos electromagnéticos (CEM) comprende los campos estáticos, los campos de frecuencia extraordinariamente baja (ELF) y los campos de radiofrecuencia (RF), incluidas las microondas, abarcando la gama de frecuencia de 0 Hz a 300 GHz.

### **Cantidades físicas**

En el contexto de la exposición a los CEM, se emplean habitualmente ocho cantidades físicas:

- La corriente de contacto ( $I_c$ ) entre una persona y un objeto se expresa en amperios (A). Un objeto conductor en un campo eléctrico puede ser cargado por el campo.
- La densidad de corriente ( $J$ ) se define como la corriente que fluye por una unidad de sección transversal perpendicular a la dirección de la corriente, en un conductor volumétrico como puede ser el cuerpo humano o parte de éste, expresada en amperios por metro cuadrado ( $A/m^2$ ).
- La intensidad de campo eléctrico es una cantidad vectorial ( $E$ ) que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento en el espacio. Se expresa en voltios por metro ( $V/m$ ).
- La intensidad de campo magnético es una cantidad vectorial ( $H$ ) que, junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios por metro ( $A/m$ ).
- La densidad de flujo magnético o inducción magnética es una cantidad vectorial ( $B$ ) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en teslas (T). En el espacio libre y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo magnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia  $1 A \cdot m^{-1} = 4 \cdot 10^{-7} T$ .
- La densidad de potencia ( $S$ ) es la cantidad apropiada para frecuencias muy altas, cuya profundidad de penetración en el cuerpo es baja. Es la potencia radiante que incide perpendicular a una superficie, dividida por el área de la superficie, y se expresa en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).
- La absorción específica de energía (SA, specific energy absorption) se define como la energía absorbida por unidad de masa de tejido biológico,

expresada en julios por kilogramo (J/kg). En esta recomendación se utiliza para limitar los efectos no térmicos de la radiación de microondas pulsátil.

- El índice de absorción específica de energía (SAR, specific energy absorption rate), cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste, se define como el índice en que la energía es absorbida por unidad de masa de tejido corporal, y se expresa en vatios por kilogramo (W/kg). El SAR de cuerpo entero es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos adversos con la exposición a la RF. Junto al SAR medio de cuerpo entero, los valores SAR locales son necesarios para evaluar y limitar una deposición excesiva de energía en pequeñas partes del cuerpo como consecuencia de unas condiciones especiales de exposición, como por ejemplo: la exposición a la RF en la gama baja de MHz de una persona en contacto con la tierra, o las personas expuestas en el espacio adyacente a una antena.

De entre estas cantidades, las que pueden medirse directamente son la densidad de flujo magnético, la corriente de contacto, las intensidades de campo eléctrico y de campo magnético y la densidad de potencia.

000

## **II. RESTRICCIONES BÁSICAS**

Dependiendo de la frecuencia, para especificar las restricciones básicas sobre los campos electromagnéticos se emplean las siguientes cantidades físicas (cantidades dosimétricas o exposimétricas):

- entre 0 y 1 Hz se proporcionan restricciones básicas de la inducción magnética para campos magnéticos estáticos (0 Hz) y de la densidad de corriente para campos variables en el tiempo de 1 Hz, con el fin de prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central,

- entre 1 Hz y 10 MHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de corriente para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso,
- entre 100 kHz y 10 GHz se proporcionan restricciones básicas del SAR para prevenir la fatiga calorífica de cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. En la gama de 100 kHz a 10 MHz se ofrecen restricciones de la densidad de corriente y del SAR,
- entre 10 GHz y 300 GHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de potencia, con el fin de prevenir el calentamiento de los tejidos en la superficie corporal o cerca de ella.

### CUADRO 1\*

RESTRICCIONES BÁSICAS PARA CAMPOS ELÉCTRICOS, MAGNÉTICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS (0 Hz-300 GHz)

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

*f es la frecuencia en Hz.*

*(\*) Las restricciones básicas expuestas en el cuadro 1 se han establecido teniendo en cuenta las variaciones que puedan introducir las sensibilidades individuales y las condiciones medioambientales, así como el hecho de que la edad y el estado de salud de los ciudadanos varían.*

000

### III. NIVELES DE REFERENCIA

Los niveles de referencia de la exposición sirven para ser comparados con los valores de las cantidades medidas. El respeto de todos los niveles de referencia recomendados asegurará el respeto de las restricciones básicas.

Si las cantidades de los valores medidos son mayores que los niveles de referencia, eso no quiere decir necesariamente que se hayan sobrepasado las restricciones básicas. En este caso, debe efectuarse una evaluación para comprobar si los niveles de exposición son inferiores a las restricciones básicas.

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección. En los cuadros 2 y 3 figura un resumen de los niveles de referencia. Por lo general, éstos están pensados como valores promedio calculados espacialmente sobre toda la extensión del cuerpo del individuo expuesto, pero teniendo muy en cuenta que no deben sobrepasarse las restricciones básicas de exposición localizada.

En determinadas situaciones en las que la exposición está muy localizada, como ocurre con los teléfonos móviles y la cabeza del individuo, no es apropiado emplear los niveles de referencia. En estos casos debe evaluarse directamente si se respeta la restricción básica localizada.

## CUADRO 2

NIVELES DE REFERENCIA PARA CAMPOS ELÉCTRICOS, MAGNÉTICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS  
(0 Hz-300 GHz, VALORES RMS IMPERTURBADOS)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (v/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m <sup>2</sup> )
0,1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-
1-8 Hz	10000	$4 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-

8-25 Hz	10000	4000/f	5000/f	-
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1-10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0,73/f	0,92/f	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	1,375 f <sup>1/2</sup>	0,0037 f <sup>1/2</sup>	0,0046 f <sup>1/2</sup>	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

*f según se indica en la columna de gama de frecuencia.*

---



---



---

## υ glosario de términos más usuales

*Algunas abreviaturas y unidades citadas en este texto:*

- υ **CEM:** campos electromagnéticos; aquí se emplea para designar radiaciones no ionizantes en el rango de frecuencias 0 Hz. – 300 GHz.
- υ **Hz (herzios):** unidad de frecuencia de una señal. Un herzio equivale a una oscilación por segundo.
- υ **MHz (megahercios):** un millón de herzios.
- υ **GHz (gigahercios):** mil millones de herzios.
- υ **μT (microtesla):** una millonésima de tesla, unidad de densidad de flujo magnético.
- υ **RMS:** Root Mean Square (valor eficaz).

- ∪ **ICNIRP:** Comisión Internacional para la Protección contra Radiaciones No Ionizantes.
- ∪ **IARC:** Agencia Internacional de Investigación del Cáncer.