

---

# CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD LABORAL

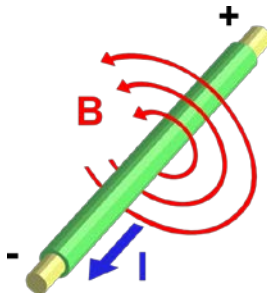
---

## Cuestiones básicas y Respuestas simples

---

Autoría: Grupo de Investigación en Medicina del Trabajo (GIMT):  
Vicente Herrero MT, Capdevila García L, Ramírez Iñiguez de la  
Torre MV, Terradillos García MJ, Aguilar Jiménez E.

---



**Como citar este texto:** Vicente Herrero MT, Capdevila García L, Ramírez Iñiguez de la Torre MV, Terradillos García MJ, Aguilar Jiménez E. Campos electromagnéticos y Salud laboral. Disponible en: <https://www.facebook.com/GIMT-568117683277334/> [consultado el....de....de 2016]

## **Resumen**

El progresivo aumento de la exposición a campos electromagnéticos (CEM) fruto del desarrollo tecnológico y especialmente por el progresivo aumento de la demanda de energía eléctrica, ha dado lugar a que surjan dudas acerca de los posibles efectos perjudiciales de la exposición a CEM para la salud de las personas y ha impulsado el desarrollo de numerosos trabajos de investigación acerca de los efectos biológicos y sobre la salud de dichas emisiones. En el ámbito internacional las investigaciones se centran principalmente en el estudio de posibles relaciones entre el cáncer y los CEM, pero sin embargo, a pesar de ser cuantiosas, no permiten concluir hasta la fecha que la exposición a CEM de baja intensidad sea perjudicial para la salud de las personas.

A frecuencias bajas, los CEM inducen pequeñas corrientes circulantes en el interior del organismo, generalmente demasiado pequeñas para producir efectos manifiestos. El principal efecto de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia, como los emitidos por la telefonía móvil, es el calentamiento de los tejidos del organismo. Pero los niveles de campos de radiofrecuencia a los que normalmente están expuestas las personas son mucho menores que los necesarios para producir un calentamiento significativo.

## **Palabras clave**

Salud Laboral, Riesgos laborales, Campos electromagnéticos, Salud Pública

## **Abstract**

The progressive increase of exposure to electromagnetic fields (EMF) due to the technological development and especially to the increasing demand of electric power, are creating doubts about the possible harmful effects of exposure to EMF for the health of people and has develop many kind of research to find out the biological and health effect of those emissions. International research focus mainly on the study of possible links between cancer and EMF, however, despite being substantial, cannot be taken as a conclusion that exposure to low-level EMF is harmful to people's health.

At low frequencies, EMF induce small circulating currents within the body, generally too small to produce any effects. The main effect of electromagnetic fields from radio frequency, such as those issued by mobile, it is the body tissues warm. The levels of radio frequency fields that people are normally exposed are much lower than those needed to produce significant warming

## **Key words**

Occupational Health, Occupational risk factor, Electromagnetic Fields, Public Health

### 1. Introducción

Los campos eléctricos y magnéticos (CEM) son fenómenos naturales que han estado presentes siempre y ampliamente distribuidos en nuestro medio ambiente. Ejemplo de ello son el depósito de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas o el campo magnético terrestre que provoca la orientación de las brújulas en dirección Norte-Sur (1). Pero en nuestra sociedad actual, fruto del desarrollo tecnológico, y especialmente por la demanda de energía eléctrica, por las tecnologías inalámbricas y por los cambios laborales y sociales, se ha producido un incremento de la exposición a CEM, que ahora están presentes tanto en nuestro hogar como en el trabajo (2). Son producidos por los aparatos eléctricos, utilizados en la vida doméstica, que rodean nuestras ciudades y hacen más fáciles y cómodas las tareas laborales formando parte indispensable de los lugares de trabajo. Dicho acrecentamiento de este tipo de emisiones ha dado lugar a que surjan dudas acerca de los posibles efectos perjudiciales de la exposición a CEM para la salud de las personas y ha generado un creciente estado de alarma social.

El origen de esta inquietud se encuentra en publicaciones seriadadas de estudios epidemiológicos que asociaron esta exposición a CEM de frecuencias extremadamente bajas, procedentes de líneas de alta tensión, con determinados tipos de leucemia (3, 4). Es por ello que diferentes organismos a nivel mundial se hayan decantado por la realización de estudios sobre los

efectos de los CEM en la salud humana, existiendo actualmente numerosas evidencias científicas acerca de sus efectos biológicos y, concretamente, efectos sobre la salud.

Al afectar a la población general, preocupan de forma especial cuando quienes están expuestos son: niños, mujeres, ancianos, personas frágiles o que están tomando determinados tipos de medicamentos, pacientes con mecanismos implantados como marcapasos o implantes cocleares, tanto más si no son conscientes de su exposición a CEM.

Es una situación de especial interés en el mundo del trabajo el hecho de que el entorno laboral se encuentre influenciado por diferentes condiciones ambientales y que la actividad electromagnética presente variaciones notables dependiendo de la hora, el día y los sistemas radiantes existentes, si bien, en el trabajo las exposiciones ocupacionales a CEM intensos están reguladas por normas nacionales e internacionales.

En aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Artículo 14. ***Derecho a la protección frente a los riesgos laborales*** (5), *los trabajadores deberán conocer la naturaleza de los CEM a los que pudieran estar expuestos en su ambiente ocupacional y, en su caso, recibir información o entrenamiento para evitar sobreexposiciones innecesarias. Igualmente, deben ser entrenados e informados para ser conscientes del riesgo potencial y adoptar las medidas de protección adecuadas.*

Entre la población expuesta ocupacionalmente encontramos: trabajadores de estaciones de radar, trabajadores de estaciones de telecomunicación aeromarítima, instaladores de antenas emisoras de radio, televisión, telefonía móvil, termoselladoras, fisioterapeutas que trabajan con microondas, profesionales que trabajan con equipos de diatermia quirúrgica, agentes de seguridad que trabajan en proximidad a detectores de metales, etc. (6)

La controversia en este tema está servida y, tanto desde el punto de vista epidemiológico como del experimental, existen investigadores que hablan a favor de la nocividad de los campos magnéticos sobre la salud, mientras que otros no encuentran motivos para asociar los campos magnéticos a una agresión biológica, o no se atreven a afirmar nada ante lo poco significativo de sus resultados. (7)

En 1996, en respuesta a la inquietud manifestada por el público y los gobiernos, la OMS instituyó el Proyecto Internacional de Campos Electromagnéticos (CEM) para evaluar los datos científicos existentes sobre los posibles efectos de esos campos en la salud. En 2012, la OMS tiene previsto realizar una evaluación formal de los riesgos a partir de todos los resultados de salud estudiados en relación con campos de radiofrecuencias. Además, en mayo de 2011 el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, organismo especializado de la OMS, examinó de forma concreta el potencial carcinógeno de los campos de radiofrecuencias producidos por los teléfonos móviles. (10)

## 2. Conceptos básicos en CEM

De una forma simplista, se definen los CEM como una combinación de campos de fuerza eléctricos y magnéticos invisibles y que tienen lugar tanto de forma natural como debido a la actividad humana.

Los CEM creados por el hombre son generados por fuentes de frecuencia extremadamente baja (FEB) tales como las líneas eléctricas, el cableado y los electrodomésticos, así como por fuentes de frecuencia más elevada, como las ondas de radio y de televisión, los teléfonos móviles y sus antenas.

Puesto que son una radiación, esto equivale a decir que son una energía transmitida por ondas. Se propagan a la velocidad de la luz y están caracterizados por una frecuencia y su correspondiente longitud de onda; estas dos características están directamente relacionadas entre sí de forma inversa: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda. La frecuencia es el número de oscilaciones de la onda por segundo, (se mide en hertzios - ciclo por segundo-), y la longitud de onda es la distancia entre una onda y la siguiente (se mide en mm, en cm..., etc.) (2)

Los principales tipos de radiación son: electromagnética (se clasifica en orden decreciente en función de la longitud de onda en: radio, microondas, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma), acústica (se clasifica en orden creciente de frecuencias de 20 a 20000 ciclos por segundo, en infrasónica, sónica y

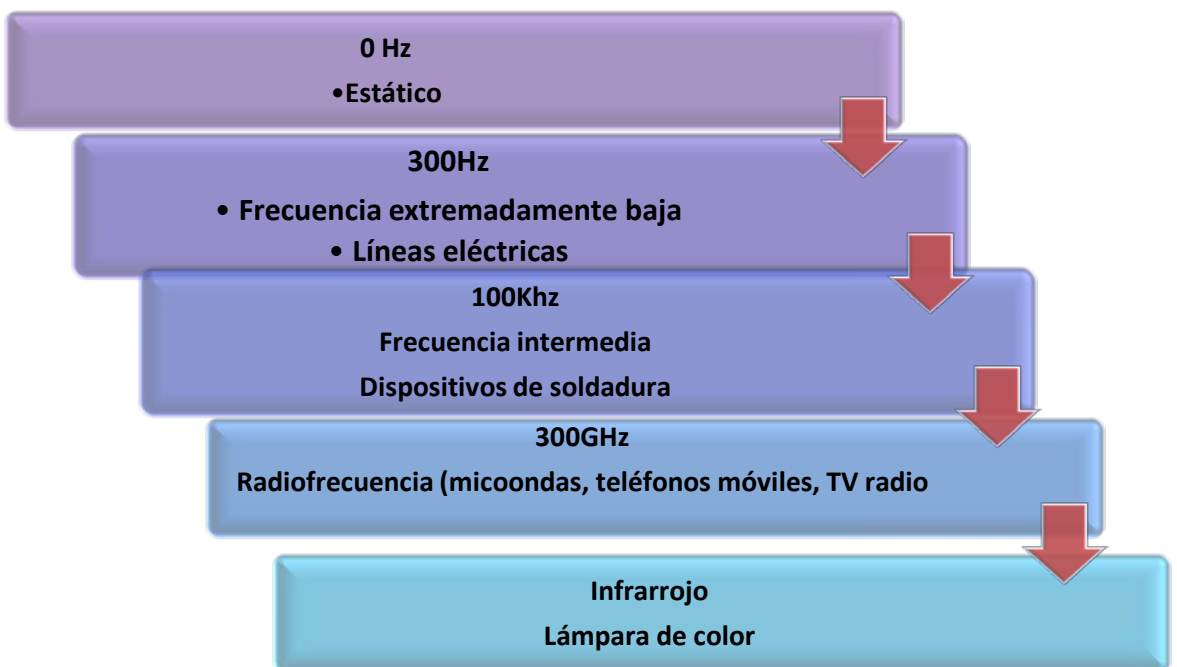
ultrasónica) y de partículas (rayos alfa y beta emitidos por sustancias radiactivas. También son ejemplos de partículas los rayos cósmicos, los protones, neutrones, núcleos más pesados como los deuterones y otras partículas menos conocidas como los mesones, piones, etc.)

Lo que va a diferenciar unas radiaciones electromagnéticas de otras es, fundamentalmente, su frecuencia; cuanto más elevada es su frecuencia mayor es la cantidad de energía que transporta la onda. Podemos dividir las **radiaciones ionizantes** y **radiaciones no ionizantes**, cuyos efectos biológicos difieren dado que los mecanismos de interacción con los tejidos vivos son muy diferentes. (1)

Las **radiaciones ionizantes** son aquellas que transmiten energía suficiente como para romper los enlaces químicos. Se define al “Poder Ionizante” como la capacidad de la radiación de desplazar a los electrones de un átomo haciendo que se ionice o se cargue (formación de radicales libres). Provocan alteraciones en el material genético de la célula, de forma que daños importantes del ADN pueden matar a las propias células, quedando el tejido lesionado o muerto. Pero también puede provocar daños menores en el ADN, con cambios permanentes en las células, y conducir al cáncer. Las radiaciones ionizantes están presentes en los rayos gamma, en los rayos X y en la radiación ultravioleta de alta frecuencia.



Las radiaciones ionizantes se localizan en la parte más alta del espectro electromagnético y el resto de las radiaciones electromagnéticas son demasiado débiles para producir ionización y por ello no dañan a las moléculas que forman nuestras células. Es por esto que se llaman **radiaciones no ionizantes** (1) e incluyen las acústicas y las electromagnéticas hasta los UVA.



**Gráfico 1.- Espectro de las radiaciones electromagnéticas**

Las radiaciones no ionizantes comprenden la porción del espectro electromagnético cuya energía no es capaz de romper las uniones atómicas, incluso a intensidades altas. No obstante, estas radiaciones pueden ceder energía suficiente, cuando inciden en los organismos vivos, como para producir

efectos térmicos (de calentamiento) tales como los inducidos por las microondas. Las radiaciones no ionizantes intensas de frecuencias bajas pueden inducir corrientes eléctricas en los tejidos y afectar al funcionamiento de células sensibles a dichas corrientes, como las células musculares o las nerviosas. Algunos estudios experimentales, realizados generalmente sobre cultivos de células, han mostrado respuestas biológicas a radiaciones no ionizantes demasiado débiles como para inducir efectos térmicos o corrientes intensas (7). Sin embargo, como veremos más adelante, la relevancia de estos resultados en lo que refiere a posibles efectos de los CEM débiles sobre la salud, son todavía muy cuestionables y han sido objeto de controversia jurídica en los tribunales españoles (8).

**TABLA 1.- los CEM y sus efectos biológicos en función de la frecuencia de las ondas**

Tipo de radiación	Bioefecto	Daño para la salud
<b>Radiaciones ionizantes</b>	Ionizante: rotura de enlaces moleculares	Efectos genotóxicos
<b>Radiaciones no ionizantes</b>	Ópticos: excitación de electrones	Efectos fotoquímicos
	Térmicos: inducción de corrientes intensas	Calentamiento
	No térmicos: inducción de corrientes débiles	Efectos celulares diversos

(Ref: Modificación de Úbeda y Trillo, 1999). (9)

En relación con los **CEM no ionizantes**, se pueden distinguir dos grandes grupos de **fuentes de exposición** en nuestro entorno (7):

1. Las fuentes que generan campos de frecuencias inferiores a 3 kHz ( $0 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$ ), entre los que se encuentran:

- Las de “campos estáticos” (0 kHz): trenes de levitación magnética, sistemas de resonancia magnética para diagnóstico médico y los sistemas electrolíticos en aplicación industrial-experimental.
- Las fuentes de los campos de frecuencias extremadamente bajas ( $30 \text{ Hz} \leq f < 300 \text{ Hz}$ ): equipos relacionados con la generación, transporte o utilización de la energía eléctrica de 50 Hz, líneas de alta y media tensión y aparatos electrodomésticos (neveras, secadores de pelo, etc.).
- Desde 300 Hz a 3 kHz: cocinas de inducción, antenas de radiodifusión modulada y equipos de soldadura de arco.

2. Las conocidas como fuentes de campos de **radiofrecuencias** ( $3 \text{ kHz} \leq f < 300 \text{ GHz}$ ) que, clasificadas por rangos de frecuencia, son las siguientes:

- Desde 3 kHz a 30 kHz (VLF): antenas de radionavegación y radiodifusión modulada, monitores de ordenador, sistemas antirrobo.
- Desde 30 kHz a 300 kHz (LF): pantallas y monitores, antenas de radiodifusión, comunicaciones marinas y aeronáuticas, radiolocalización.
- Desde 300 kHz a 3 MHz (HF): radioteléfonos marinos, radiodifusión AM, termoselladoras.

# CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD LABORAL | 2016

---

- Desde 3 MHz a 30 MHz: antenas de radioaficionados, termoselladoras, aparatos para diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo.
- Desde 30 MHz a 300 MHz (VHF): antenas de radiodifusión, frecuencia modulada, antenas de estaciones de televisión, sistemas antirrobo.
- Desde 300 MHz a 3 GHz (UHF): teléfonos móviles, antenas de estaciones base de telefonía móvil, hornos de microondas, aparatos para diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo.
- Desde 3 GHz a 30 GHz (SHF): antenas de comunicaciones vía satélite, radares, enlaces por microondas.
- Desde 30 GHz a 300 GHz (EHF): antenas de radionavegación, radares, antenas de radiodifusión.

Para simplificar esta clasificación, y de una forma genérica, los CEM se pueden agrupar en: campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia, campos de frecuencia intermedia y campos de alta frecuencia o radiofrecuencia (1):

Las **radiaciones de baja frecuencia**, con frecuencias hasta los 300 Hz, son las emitidas por la red de abastecimiento eléctrico y todos los aparatos eléctricos.

Las radiaciones **frecuencia intermedia**, con frecuencias de 300 Hz a 10 MHz, provienen principalmente de las pantallas de ordenadores, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad.

Las radiaciones de **alta frecuencia o radiofrecuencia**, con frecuencias de 10 MHz a 300 Gz, tienen como fuente la radio, la televisión, las antenas de radares y teléfonos celulares y los hornos de microondas. (OMS)

Los efectos de los CEM sobre los tejidos se describen a continuación:

## a) CEM de baja frecuencia

**Efectos a corto plazo:** se ha establecido que la exposición aguda a niveles elevados (muy por encima de las 100  $\mu\text{T}$ ) tiene efectos biológicos atribuibles a mecanismos biofísicos comúnmente conocidos. Los campos magnéticos externos de frecuencias inferiores a 100 khz originan en el cuerpo humano corrientes y campos eléctricos que, si la intensidad del campo es muy elevada, causan estimulación neural y muscular, así como cambios en la excitabilidad neuronal del sistema nervioso central (11). No obstante, este tipo de exposición no se da en los ambientes residenciales habituales.

Las corrientes inducidas en tejidos (densidad de corriente) se miden en amperio por metro cuadrado ( $\text{A}/\text{m}^2$ ). Se debe tener en cuenta que las reacciones químicas propias de los organismos vivos están asociadas a corrientes basales de unos 10  $\text{A}/\text{m}^2$ . Se ha sugerido que sólo densidades de corriente netamente superiores a este nivel basal podrían causar efectos adversos irreversibles para la salud humana.

**Efectos a largo plazo:** algunos estudios han establecido una posible relación entre exposiciones crónicas a CEM débiles de bajas frecuencias, la incidencia de determinados tipos de cáncer y otras enfermedades. Pero por el contrario, otros estudios no han encontrado indicios de la citada relación. La mayoría de las investigaciones científicas sobre los riesgos a largo plazo asociados a la exposición a campos magnéticos de Frecuencia Extremadamente Baja (FEB) se han centrado en la leucemia infantil. En 2002, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) publicó un estudio monográfico en el que los campos magnéticos de FEB se calificaban de «posiblemente carcinógenos para las personas». No obstante, las evidencias relacionadas con la leucemia infantil no son suficientemente sólidas para establecer una relación de causalidad. (11)

Se han estudiado igualmente otros efectos adversos para la salud con miras a establecer una posible correlación con la exposición a campos magnéticos de FEB. Los análisis se han centrado en algunos tipos de cáncer infantil, diversos tipos de cáncer en adultos, depresión, suicidio, trastornos cardiovasculares, disfunciones reproductivas, trastornos del desarrollo, modificaciones inmunológicas, efectos neuroconductuales, enfermedades neurodegenerativas, etc. El grupo de trabajo de la OMS ha concluido que las pruebas científicas que respaldan la existencia de una correlación entre la exposición a campos magnéticos de FEB y todos estos efectos adversos para la salud, son mucho más débiles que en el caso de la leucemia infantil. En algunos

casos (por ejemplo, las enfermedades cardiovasculares o el cáncer de mama) las evidencias sugieren que los campos magnéticos no son la causa directa de esos efectos. (11)

### **b) CEM de frecuencia intermedia**

Los efectos biológicos encontrados se pueden clasificar en térmicos o atérmicos.

Los CEM de frecuencias entre 100 kHz y 10GHz son capaces de generar calor en los tejidos vivos debido a la absorción de energía (efecto térmico). Estos efectos **térmicos** son nocivos cuando el calentamiento de los tejidos sobrepasa la capacidad termorreguladora del organismo del individuo expuesto. (7)

Para medir la cantidad de energía absorbida por el cuerpo se utiliza como medida el SAR (Tasa de Absorción Específica). La unidad de SAR es la cantidad de energía absorbida por kilogramo de tejido expuesto (W/kg). El SAR es proporcional al cuadrado del campo eléctrico interno (RMS) y puede ser calculado a partir de medidas de laboratorio.

Los factores que influyen en la absorción de energía (SAR) son: la potencia de la radiación incidente, el tipo de tejido, la frecuencia (la profundidad de penetración disminuye con la frecuencia) y la presencia de obstáculos en el entorno. Tanto el SAR de cuerpo entero como el SAR localizado son fuertemente dependientes de la distancia entre la fuente del CEM y el cuerpo.

Las normativas internacionales de protección radiológica consideran que, en el rango de frecuencias al que aquí se hace referencia, sólo exposiciones a CEM que dan lugar a valores de SAR superiores a 4 W/kg promediados en todo el cuerpo, son potencialmente capaces de provocar efectos adversos en humanos. (7). Los efectos sobre la salud de estos CEM dependen del incremento térmico:

- Incrementos cortos, de 1°C, provocan una reducción de la habilidad para desarrollar algunas tareas físicas o intelectuales.
- Incrementos prolongados de 2-3°C pueden producir inducción de cataratas, pérdida de fertilidad en varones o daño fetal.

Niveles SAR del citado orden de 4 W/kg, se han medido a pocos metros de distancia de antenas FM emplazadas en torres elevadas, que son inaccesibles al público. Existen algunos estudios experimentales que sugieren que, aunque los campos generados por estas antenas son de intensidad demasiado baja como para inducir un efecto térmico notable de los tejidos, la exposición crónica a estos CEM podría tener efectos nocivos en modelos animales. (7). Entre estos efectos cabe citar los efectos cancerígenos, alteraciones electrofisiológicas y cambios en la transmisión sináptica (comunicación entre células nerviosas) o las alteraciones en la memoria a largo plazo en animales. Sin embargo, estos efectos, que por sus posibles implicaciones están siendo objeto de estudio en la actualidad, no han sido confirmados por los resultados de laboratorio o



carecen de implicaciones conocidas sobre la salud humana. De nuevo, no existe en la actualidad un mecanismo biofísico capaz de justificar los supuestos efectos derivados de la exposición a niveles **atérmicos** de estos campos electromagnéticos. (7)

### c) CEM de alta frecuencia

Su profundidad de penetración es muy pequeña, absorbiéndose especialmente en la superficie corporal, por lo que en lugar de utilizar el SAR para caracterizarlos, se usa la densidad de potencia ( $W/m^2$ ). Densidades de potencia muy superiores a  $10 W/m^2$  pueden provocar efectos adversos a corto plazo, especialmente si inciden sobre el ojo, provocando lesiones como quemaduras o cataratas. (7)

### 3. Efectos de los CEM sobre la salud

Un **efecto biológico** se produce cuando la exposición a los CEM provoca una respuesta fisiológica detectable en un sistema biológico y se considera que es **nocivo** para la salud cuando sobrepasa las posibilidades de compensación normales del organismo haciéndose además irreversible, entrando en un proceso paulatino y progresivo que finalmente conduce a riesgo de enfermedad.

Para valorar los efectos sobre la salud se deben tener en cuenta diversos factores, como los medioambientales (temperaturas altas, humedad, etc.) y lo

que se ha venido denominando “**hipersensibilidad electromagnética**”: personas que alegan sufrir reacciones adversas (dolores inespecíficos, cansancio, disestesias, palpitaciones, dificultad para dormir y para respirar) y los atribuyen a la exposición a CEM. Los resultados de los estudios de referencia a este tema son, a menudo, inconsistentes y contradictorios (12) existiendo diversos factores que pueden influir en dicha hipersensibilidad: ambientales (humedad, temperatura, parpadeos de la luz), factores ergonómicos en trabajos con PVD, enfermedades previas y síndromes neurasténicos.

## **a) Efectos biológicos sobre el sistema nervioso.**

Las manifestaciones biológicas detectadas en el sistema nervioso en relación con la exposición a CEM pueden originar desde respuestas puramente fisiológicas, hasta efectos nocivos, dependiendo de las características e intensidad del campo. Entre estas manifestaciones destacan las siguientes: cambios en el comportamiento y en las reacciones funcionales de todo o de parte del organismo, cambios bioquímicos en las células nerviosas, cambios en la conducción del impulso nervioso, variaciones y alteraciones de los niveles de neurotransmisores y neurohormonas, entre otros muchos.

Los datos más relevantes aportados por los estudios (7) ponen de manifiesto que el sistema nervioso es sensible a exposiciones relativamente prolongadas a CEM de cierta intensidad.

## **b) Cambios en los ritmos biológicos**

El organismo humano experimenta cambios naturales en muchos de sus parámetros corporales a lo largo del día, meses, estaciones del año, etc. Merecen especial atención los estudios relacionados con la melatonina, cuya síntesis está modulada por el espectro de la luz visible, y el control que ésta ejerce sobre los ritmos biológicos (13,14). Por ello se investiga si otras frecuencias, no visibles, pueden también modificar su producción. Según lo aportado por la experimentación de laboratorio, los niveles de melatonina parecen influir en el desarrollo de algunos tumores, detectándose bajos niveles de la misma en algunos enfermos de cáncer. (15,16).

Bajo determinadas circunstancias experimentales los CEM, por encima de determinados valores de intensidad, pueden alterar el reloj biológico en mamíferos. No obstante, es difícil extrapolar las posibles consecuencias que estos resultados pudieran suponer para la salud.

## **c) Cáncer y exposición a CEM.**

Tal y como se ha comentado con anterioridad, a pesar de las investigaciones realizadas hasta el momento, la existencia o no de efectos cancerígenos de los CEM todavía resulta muy controvertida.

Existen numerosos estudios sobre Genotoxicidad y CEM de frecuencias bajas en los que se concluye que no hay ninguna evidencia de que CEM de frecuencia

industrial sean promotores o co-promotores de neoplasias. Los pocos estudios que han mostrado pruebas de sospecha han utilizado intensidades de campos muy por encima de las que se encuentran en la vida cotidiana. (7, 11)

El 31 de Mayo de 2011, la IARC (Agencia Internacional para la investigación del cáncer de la OMS), en Lyon, concluyó que los CEM de baja frecuencia deben considerarse como **“posible carcinógeno humano, grupo 2B”**, basado en un mayor riesgo de glioma, asociado a teléfonos móviles. Se definen así *aquellos agentes cuyo potencial para desarrollar cáncer está escasamente probado en las personas e insuficientemente probada en experimentos con animales*. Esto significa que no hay pruebas fiables de que la exposición a campos electromagnéticos de baja frecuencia pueda ser causa de cáncer.

El informe de la IARC se basa en la evidencia de un estudio que hace referencia a los *usuarios de teléfonos móviles a razón de 30´al día durante 10 años*, en los que existía un aumento de riesgo de tumores cerebrales, en particular del Schwannoma vestibular y en los gliomas del orden del 40 %. Para otros tipos de cáncer no se pudieron obtener resultados concluyentes. (17)

La mayoría de los estudios realizados conforman que los campos de radiofrecuencias y en particular las frecuencias de telefonía móvil, no son genotóxicas. Solamente podría haber efectos sutiles indirectos sobre la replicación o transcripción de los genes en condiciones que se alejan de la realidad. (18)

En el estudio realizado relativo al uso de Teléfono Móvil (TM) por Frei et al en 2011 (18), no se encontró mayor número de gliomas, incluso se objetivó un menor número de meningiomas en los hombres. Tampoco se objetivó un mayor número de gliomas temporales (región ésta con mayor absorción de energía emitida por el Teléfono Móvil). Sin embargo, la muestra del estudio de Frei presenta las siguientes incertidumbres: no todos los suscriptores utilizaban el TM, algún no- suscriptor puede utilizar TM, incluso puede utilizarlo más que el suscriptor (teléfonos corporativos, uso por hijos etc.), que pueden incluso ser clasificados como no expuestos. Los análisis dosis-respuesta estaban basados en el año de la suscripción, no disponiendo información del uso del TM en el momento del estudio. Los primeros suscriptores, de 1987 a 1995, lo usaban una media de 23 minutos semanales, los de 1996 a 2002, una media de 17 minutos. Los TM del primer grupo emiten más CEM que los de la segunda etapa. Se desconoce el porcentaje de usuarios que utiliza el sistema “manos libres” o inalámbricos.

A pesar de todo, los autores afirmaron que el estudio era apropiado para demostrar los riesgos relacionados con la utilización del TM.

Este y otros estudios, en lo que se refiere al rigor necesario en su realización, obligan a tener en consideración a la hora de valorar estudios científicos los Criterios de Bradford – Hill (20), imprescindibles para determinar la causalidad entre una exposición de interés y sus efectos en la salud y para la valoración del resultado de los estudios tanto de laboratorio, como epidemiológicos.

Aplicando estos criterios se mide: el nivel o grado de asociación entre la exposición y el riesgo, la evidencia de la relación dosis-respuesta, las pruebas de laboratorio y la verosimilitud o concordancia biológica. Uno sólo de estos criterios no resulta determinante para alcanzar conclusiones definitivas, todos deben ser contemplados en conjunto: *Firmeza de asociación, Consistencia, Especificidad, Temporalidad, Gradiente biológico, Credibilidad biológica y coherencia, Analogía.*

Como resumen de lo visto en este punto, no se ha podido demostrar que, en condiciones que respeten los niveles de referencia establecidos por organismos como el ICNIRP (Comité Internacional para la Protección contra las Radiaciones No ionizantes) y el CMSUE (Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea), los efectos observados experimentalmente impliquen o signifiquen un riesgo para la salud. No obstante, los estudios que han revelado respuestas biológicas ayudan a formular hipótesis sobre los posibles mecanismos de acción de los CEM, cuya identificación podría ser crucial para la interpretación de estudios epidemiológicos sobre los colectivos de personas expuestas.

En base a estos resultados la normativa internacional sólo tiene en cuenta los efectos bien establecidos, que son aquellos que se producen a corto plazo, para establecer las restricciones básicas, entendiendo así que los datos sobre potenciales efectos a largo plazo son insuficientes para establecer una limitación, aunque existan indicios aportados por algunos de los estudios de

una posible relación, lo que indica que se debe seguir investigando para obtener resultados más concluyentes.

Un aspecto que preocupa de forma creciente es la relación entre el Cáncer infantil y los CEM. Las evidencias más claras sobre un posible efecto y los estudios más elaborados se refieren a leucemia en niños. Hasta hoy se han publicado más de 20 estudios epidemiológicos a nivel internacional (7) que alcanzan conclusiones diferentes. La estimación del riesgo asociado a leucemia es variable, sin embargo, la mayoría de los trabajos encontraron riesgos incrementados: unos refieren un incremento entre 1,6 y 2,2 veces mayor en niños expuestos a CEM, mientras que en solo en un par, no se encontró asociación entre leucemia y exposición a CEM. Uno de los estudios más amplios y exhaustivos es el realizado por el Instituto Nacional del Cáncer de los EE.UU. (21)

Igualmente es de mayor interés cada día en la población general la exposición doméstica a CEM y el cáncer del adulto. Actualmente son varios los estudios a este respecto: algunos de ellos llevados a cabo en USA (22) y que establecieron 4 tipos de instalaciones eléctricas domésticas en pacientes que habían vivido entre 3 y 10 años en dichos domicilios antes del diagnóstico de cáncer. Concluyeron que existe una asociación entre el cáncer de SNC, endometrio y mama y el riesgo aumentado de CEM por la configuración de la instalación eléctrica doméstica, si bien, no alcanzan la suficiencia evidencia para juzgar la asociación entre CEM y cáncer (7).

## **Exposición profesional y cáncer**

En relación a este punto, se ha estudiado la incidencia de procesos cancerosos en trabajadores expuestos a radiaciones no ionizantes intensas tales como: mantenedores de líneas eléctricas de alta tensión, radiotelegrafistas, telefonistas, técnicos de sonido, marineros de submarinos y pilotos de vuelos intercontinentales. Ningún grupo presenta mayor incidencia de cáncer que la población general (11), si bien estudios epidemiológicos realizados en USA, UK, Suecia y Nueva Zelanda indican o bien una falta de asociación (23) o una pequeña relación positiva, en tumores del SNC y leucemias relacionados con exposición a CEM. (24,25).

Aparte de la leucemia y el cáncer cerebral, la exposición a CEM se ha asociado también con la incidencia de cáncer de mama en mujeres y hombres. En algunos estudios se ha encontrado un aumento del riesgo (6), pero en pocas ocasiones se evaluaron conjuntamente otros factores de riesgo conocidos que podían afectar a los resultados.

En general, los estudios en trabajadores son de difícil interpretación, especialmente cuando se evalúa un aumento del riesgo ligero, porque los trabajadores están expuestos a multitud de otros agentes además de los CEM. Aunque en algunos estudios se encontró un aumento del riesgo de cáncer, en su conjunto, los resultados son poco consistentes y raramente se ha encontrado una relación dosis respuesta. (7)



Dada la incertidumbre y la diversidad e inconsistencia de los resultados actuales, interesa conocer la posición de la asociación española contra el cáncer, que se centra en los siguientes puntos (2):

*No existe riesgo para la salud para el público que reside, trabaja o permanece en las proximidades de una antena repetidora de telefonía móvil, siempre y cuando esté a más de 1 ó 2 metros de la estación base.*

*Es seguro vivir en un edificio con una antena de telefonía en las proximidades.*

*No se ha demostrado que la exposición a RF produzca cáncer.*

*El uso de electrodomésticos, (TV, horno con microondas, ordenador etc.), no ha demostrado su relación con el cáncer.*

*No hay evidencia que las líneas eléctricas de alta tensión representen un peligro para la salud de la población en general o produzcan cáncer.*

*No hay evidencia de que las CEM produzcan directamente cáncer. Son considerados como “probable carcinógeno”.*

*No hay pruebas de que la exposición a los campos electromagnéticos no ionizantes cause directamente daño en las moléculas de los seres vivos, y en particular en su ADN.*

*En cualquier caso, es evidente que, si realmente producen algún efecto que aumente el riesgo de cáncer, el efecto es extremadamente pequeño.*

*Es, pues, improbable que a los niveles de las normativas actuales los campos electromagnéticos puedan inducir el desarrollo de cáncer.*

*No ha podido encontrarse ninguna prueba científica de que haya relación causa-efecto entre la exposición a los campos electromagnéticos y un incremento del riesgo de leucemia.*

*Sí parece existir un mayor riesgo de leucemia o tumores cerebrales entre los trabajadores de la red eléctrica de alta tensión, aunque no hay que olvidar que estas personas pueden estar expuestas a otros factores tales como agentes químicos con poder carcinogénico.*

### **Recomendaciones de la AECC:**

1. En caso de utilizar mucho el móvil, valorar utilizar el sistema manos libres.
2. Si se puede elegir, usar el teléfono normal.
3. Mantener la distancia (1-2 metros), mínima con las antenas y dispositivos de RF.
4. No comprar una casa debajo de líneas de alta tensión.
5. No alargar las conversaciones con el móvil.
6. Evitar que los niños utilicen los móviles.

7. Evitar tenerlo cerca mientras se marca el número y mientras el móvil busca la conexión (máxima potencia).

### **a) CEM y efectos sobre el embarazo**

La OMS junto con otros organismos, ha evaluado numerosas fuentes y exposiciones diferentes a CEM, tanto en el entorno cotidiano como de trabajo (pantallas de ordenador, colchones de agua, mantas eléctricas, equipos de soldadura por corrientes de radiofrecuencia, equipos de diatermia, radares, etc.). El conjunto de los resultados demuestra que la exposición a los niveles típicos medioambientales no aumenta el riesgo de desenlaces adversos tales como: abortos espontáneos, malformaciones, peso reducido al nacer y enfermedades congénitas. Se han publicado informes esporádicos de asociaciones entre problemas sanitarios y la presunta exposición a CEM, que incluyen partos prematuros y fetos con peso reducido en trabajadoras de la industria electrónica, pero la comunidad científica no ha considerado que estos efectos estén necesariamente ocasionados por la exposición CEM (frente al riesgo si demostrado de factores como la exposición a disolventes). (11)

### **b) Cataratas**

Se ha informado de casos de irritación ocular general y cataratas en trabajadores expuestos a niveles altos de radiación de radiofrecuencia y microondas. En 1980 Strzhizhovskii y cols (17) observaron que sometiendo a

ratas durante una hora a un campo magnético, presentaban una inhibición de la actividad mitótica del epitelio corneal, recuperable al suspender la exposición. Pero posteriores estudios realizados con animales no confirman la idea de que estos tipos de trastornos oculares se puedan producir a niveles que no son peligrosos por su efecto térmico y no hay pruebas de que se produzcan estos efectos a los niveles a los que está expuesta la población general. (11)

En relación a otro tipo de efectos, estudios epidemiológicos realizados en obreros sometidos a campos magnéticos, que oscilaban de 112 a 190 Gauss, muestran como los obreros expuestos y, que fueron examinados a diario, presentaron debilidad general, dolores abdominales, sed y conjuntivitis. (26)

#### 4. Recomendaciones Generales:

Se citan a continuación las sugerencias del Comité de expertos de la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral (7), basadas en las recomendaciones del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea.

- Dada la diversidad e indefinición de los conocimientos actuales, parece lógico proponer como **sugerencias para futuras investigaciones**: la integración de la investigación epidemiológica, básica y la clínica, potenciar la investigación interdisciplinar y una transferencia rápida de conocimientos.

- En relación con los CEM de frecuencia extremadamente baja deben fomentarse estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas por encima de  $0,4 \mu\text{T}$ . No se recomiendan estudios sobre población general porque no aportarían nueva información relevante, como se ha demostrado en estudios epidemiológicos previos.
- Para que las investigaciones sean de calidad alta, es esencial que una parte integral de todos los estudios futuros comprenda evaluaciones exactas de la exposición a campos de RF y que en todos los equipos de investigación haya científicos expertos en dosimetría de campos de RF. Se recomienda que la precisión dosimétrica de los estudios sea del 30% o mayor. Una de las principales prioridades de los estudios epidemiológicos futuros es el desarrollo de instrumentos o métodos de evaluación que puedan medir de forma práctica y exacta la exposición de un individuo a campos de RF durante un período prolongado.
- Los estudios “in vitro”, deben centrarse en estudiar: los umbrales de exposición a campos de radiofrecuencia, cinética de los ciclos celulares, las vías de transducción de señales y los cambios en las membranas celulares
- Se requieren, varios estudios que confirmen o no el incremento de leucemias y linfomas, así como confirmar alteraciones descritas ya como: alteraciones hormonales, efectos en ojo y oído interno, pérdidas de memoria, etc. así como potenciar los estudios que analicen síntomas como cefaleas y alteraciones del sueño.

- En cuanto a la **exposición ocupacional**: es necesario disponer de protocolos específicos en este campo de vigilancia de la salud, definir matrices ocupación-exposición y mejorar los registros administrativos sobre ocupaciones.
- En la **exposición del público en general**, especial atención a niños/as, con un seguimiento en años (periodo a determinar) y establecer unos niveles de exposición.
- Las autoridades sanitarias deberían realizar campañas informativas entre los ciudadanos para promover un uso racional del teléfono móvil, con objeto de reducir exposiciones excesivas e innecesarias, especialmente en niños, adolescentes, mujeres gestantes, portadores de implantes activos, etc. Asimismo, deberá ponerse especial interés en la realización de campañas contra el uso de teléfonos móviles mientras se conduce, o en áreas particularmente sensibles en el interior de hospitales.
- El procedimiento para la solicitud, autorización, instalación e inspección de antenas de telefonía debería clarificarse con el fin de garantizar que los ciudadanos estén correctamente informados a la hora de adoptar decisiones sobre la instalación de estos equipos en sus propiedades.
- Las compañías fabricantes de teléfonos móviles deberían clasificar y etiquetar sus productos en función de sus potencias de emisión. El etiquetado debe ser fácilmente comprensible para el usuario.

## 5. Conclusiones

- Existe una amplia gama de influencias relacionadas con la exposición a CEM en el medio que producen efectos biológicos. La expresión «efecto biológico» no es equivalente a «peligro para la salud». Se necesitan investigaciones específicas para identificar y medir los peligros para la salud.
- A frecuencias bajas, los campos eléctricos y magnéticos exteriores inducen pequeñas corrientes circulantes en el interior del organismo. En prácticamente todos los medios normales, las corrientes inducidas en el interior del organismo son demasiado pequeñas para producir efectos manifiestos.
- Los efectos sobre la salud por exposición a CEM se basan en la absorción de energía y en el incremento de temperatura corporal que ésta provoca (efecto térmico).
- No cabe duda de que la exposición a corto plazo a campos electromagnéticos muy intensos puede ser perjudicial para la salud. La preocupación actual de la sociedad se centra en los posibles efectos sobre la salud, a largo plazo, especialmente en la exposición a campos electromagnéticos de intensidades inferiores a las necesarias para desencadenar respuestas biológicas inmediatas.
- La regulación existente, tanto para la población laboral como para el público en general, se basa en los efectos conocidos a corto plazo, no teniendo en cuenta los efectos a largo plazo ni los riesgos derivados del contacto con conductores en tensión.
- La exposición a CEM, 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 CEM de 0 Hz. a 300 GHz, no ocasiona efectos adversos para la salud. El cumplimiento de la citada recomendación es suficiente para garantizar la protección sanitaria de los ciudadanos.

- Según los experimentos realizados con voluntarios sanos, la exposición a corto plazo a los niveles de los CEM presentes en el medio ambiente o en el hogar no producen ningún efecto perjudicial.
- Hasta la fecha, tampoco se han confirmado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad típicos de ambientes residenciales o públicos (radio, televisión, cableado eléctrico o telefonía móvil).
- No existe un mecanismo biológico demostrado que relacione la exposición a CEM como causa de riesgo de padecer una enfermedad, aunque por principio de precaución es conveniente fomentar el control sanitario y la vigilancia epidemiológica para observar, detectar, y valorar posibles efectos a largo plazo.
- El principal efecto de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia, como los emitidos por la telefonía móvil, es el calentamiento de los tejidos del organismo. Pero los niveles de campos de radiofrecuencia a los que normalmente están expuestas las personas son mucho menores que los necesarios para producir un calentamiento significativo.



- Solamente se han descrito a medio y largo plazo como consecuencia de CEM de alta frecuencia cataratas y querato-conjuntivitis crónicas debidas a la absorción de energía en la superficie corporal si esta afecta al ojo.

## **Para saber más:**

- OMS. Legislación modelo para la protección contra campos electromagnéticos:
- [http://www.who.int/peh-emf/publications/EMF\\_model\\_legislation\\_es.pdf](http://www.who.int/peh-emf/publications/EMF_model_legislation_es.pdf)
- NTP 234 Radiofrecuencias y microondas.
- NTP 522 Radiofrecuencias y microondas.
- NTP 523 Radiofrecuencias y microondas
- NTP 894 *Campos electromagnéticos*: evaluación de la exposición laboral.
- NTP 698 *Campos electromagnéticos* entre 0 Hz y 300 GHz: criterios. ICNIRP para valorar la exposición laboral
- NTP 598 Exposición a *campos magnéticos* estáticos
- NTP 654 Láseres: nueva clasificación del riesgo
- NTP 755 Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición
- International Commission on Non -Ionizing Radiation Protection ICNIRP publication–2010 ICNIRP guidelines for limiting exposure to time

-varying electric and magnetic fields (1HZ–100 kHz) published in: health physics 99(6):818-836; 2010. Disponible en: ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields 1 Hz - 100 kHz), 2010

## MARCO LEGISLATIVO SOBRE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

### Gobierno de España:

- **Real Decreto 1066/2001**, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas (**PDF**).
- **Corrección de errores del Real Decreto 1066/2001**, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas (**PDF**).
- **Orden CTE/23/2002**, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones (**PDF**).

## Legislación Europea:

- **Recomendación del Consejo**, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos.
- **Directiva 2004/40/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimoctava Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).
- **Directiva 2008/46/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2008, por la que se modifica la Directiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimoctava Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE).

## **Bibliografía**

1. Organización Mundial de la Salud. Campos electromagnéticos. 2011. Disponible en [<http://www.who.int/mediacentre/es/>].
2. Asociación Española Contra el Cáncer. Campos electromagnéticos y cáncer. Preguntas y respuestas. 2004. Disponible en [<http://energiagirona.gencat.cat/multimedia/aecc2.pdf>].
3. Wertheimer NW, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidemiol 1979; 109: 273-284.
4. Hardell L, Holmberg B, Malmer H, Paulsson LE. Exposure to extremely low frequency magnetic fields and the risk of malignant diseases –an evaluation of epidemiological and experimental findings. Eur J Cancer Prev 1995; 4 (Suppl 1): 3-107.
5. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Jefatura del Estado. Boletín Oficial del Estado, nº 269 de 10/11/1995, p. 32590-32611.
6. Pollán Santamaría, M. Ocupación, exposición laboral a radiaciones electromagnéticas y cáncer de mama. Edita: Instituto de Salud Carlos III. Ministerio de Sanidad y Consumo. 2011.
7. Ministerio de Sanidad y Consumo. Campos Electromagnéticos y Salud Pública. Informe Técnico elaborado por el Comité de Expertos. Subdirección

General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Dirección General de Salud Pública y Consumo. 2011.

8. Ubeda A, Trillo MA. Radiaciones Rf de Antenas de Telefonía y Salud Pública: El Estado de la Cuestión. Radioprotección 20: 24-36 20 Vol VII. 1999. Disponible en: [<http://www.hrc.es/bioelectro.html>].

9. Enfermedades inducidas por las radiaciones ionizantes. Valoración médico-forense. Álvaro Ruibal Morell y Miguel Combar Cameán. Tratado de medicina legal y ciencias forenses. Editorial Bosch, 2011. Tomo 1 volumen 2.

10. OMS. Los campos electromagnéticos y la salud pública Estaciones de base y tecnologías inalámbricas. Nota descriptiva N°304. Mayo 2006.

11. OMS. Campos electromagnéticos y salud pública: Exposición a campos de frecuencia extremadamente baja. Nota descriptiva N°322. Junio de 2007.

12. Bergqvist U and Vogel E (Ed). Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. European Commission. DG V Employment, Industrial Relations and Social Affairs. Public health and safety at work. 1997: 19.

13. Tenforde TS. Interaction of ELF magnetic fields with living systems. En: Polk C, Postow E (editores). Biological effects of electromagnetic fields. Second Edition. CRC Press. New York 1996; pp:185-230.

14. Burch JB, Reif JS, Noonan CW, Yost MG. Melatonin metabolite levels in workers exposed to 60-Hz magnetic fields: work in substations and with 3-phase conductors. *J Occup Environ Med* 2000; 42: 136-142.
15. Cohen M, Lippmann M, Chabner B. Role of pineal gland in aetiology and treatment of breast cancer. *Lancet* 1978; 2: 814-816.
16. Stevens RG. Electric power use and breast cancer: a hypothesis. *Am J Epidemiol* 1987; 125: 556-561.
17. Strzhizhovskii A D et al. Tissue specificity of changes in mitotic activity induced by strong magnetic fields. *Tsitologiya*. 1980; 22 (2): 205-209.
18. OMS. Campos electromagnéticos y salud pública: teléfonos móviles. Nota descriptiva N°193. Junio de 2011.
19. Frei, P. El uso de teléfonos móviles y el riesgo de tumores cerebrales: actualización del estudio de cohorte danesa. *BMJ* 2011; 343: d6387.
20. Austin Bradford Hill, A. "El medio y la enfermedad: ¿asociación o causalidad. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1965. Disponible en: [<http://xa.yimg.com/kq/groups/24314312/1342266433/name/Pastilla+Criterios+de+Causalidad.pdf>].
21. Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, et al. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *N Engl J Med* 1997; 337: 1-7.M.

22. Wertheimer N, Leeper E. Adult Cancer Related to Electrical Wires Near the Home. *International Journal of Epidemiology* 1982, 11: 345–355.
23. Savitz DA, Loomis DP. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1995, 141: 1-12.
24. Kheifets LI, Afifi AA. Buffeler PA, Zhang ZW, Matkin CC. Occupational electric and magnetic field exposure and leukemia. A meta-analysis. *J. Occup. Environ Med.* 1997; 39:1074-91.
25. Theriault G y cols. Cancer risk associated with occupational exposure to magnetic fields among utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989. *Am J Epidemiol* 1994; 139: 550-572.
26. Casanova Livinia JA y col. Efectos de los campos magnéticos de baja y extremadamente baja frecuencia. *MAPFRE Medicina*, 2003; vol. 14, n.º 3.