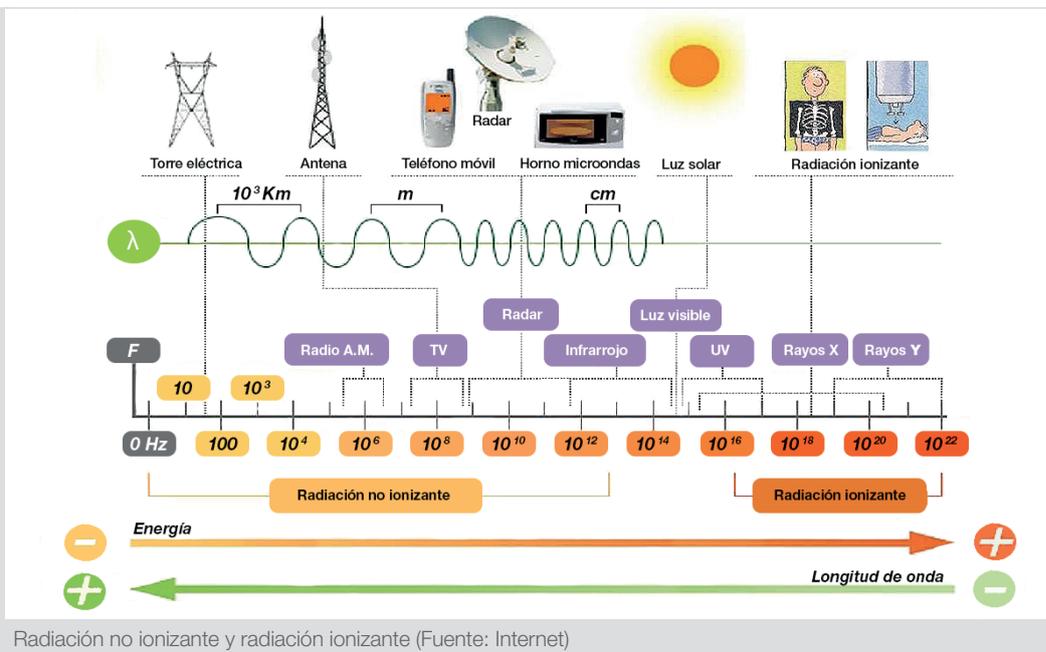


El espectro electromagnético no ionizante

Señales para transportar energía y comunicarnos

Ideas clave

- Las ondas electromagnéticas son generadas tanto por la naturaleza como por el resultado de la actividad humana.
- No se ha podido establecer, para valores de intensidad y frecuencia por debajo de los umbrales de seguridad, ninguna asociación entre las diferentes formas de exposición a las ondas electromagnéticas no ionizantes y la aparición de determinadas enfermedades o efectos adversos.
- Hay que seguir investigando en áreas como las exposiciones de larga duración o la hipersensibilidad.



Introducción

Las primeras manifestaciones de los fenómenos eléctrico y magnético, observados inicialmente a través de las fuerzas que actuaban sobre cargas y corrientes, se sistematizaron durante el siglo XIX con las observaciones por parte de Oersted, primero, de las influencias entre las corrientes eléctricas y fenómenos magnéticos y, más adelante, con los trabajos de Ampère y Faraday, que culminaron en las ecuaciones de Maxwell que interrelacionaban los fenómenos eléctricos y magnéticos y predijeron la existencia de las ondas electromagnéticas, corroboradas finalmente por Hertz a finales de ese mismo siglo.

La caracterización de estas ondas se puede entender, como hemos dicho, a través de su efecto –fuerza– sobre cargas y corrientes, aunque a efectos de estudiar más sistemáticamente los fenómenos de radiación y propagación es más práctico introducir el concepto de campo. Estas ondas, o los campos asociados, son generadas por el movimiento de cargas eléctricas cuando experimentan aceleraciones que varían –oscilan– en el tiempo. Estas oscilaciones, pueden tener, como los péndulos, una frecuencia de repetición que puede ir desde unas variaciones muy lentas de unos pocos ciclos por segundo –hertz (Hz)–, hasta miles de millones de ciclos por segundo (GHz), como las microondas, o millones de millones de ciclos por segundo, como pueden ser las ondas de luz y, más arriba, los rayos X, etc. En términos físicos, son señales que viajan a la velocidad de la luz, y que normalmente se expresan como ondas con cierta energía agregada formada por un conjunto de energías elementales cuantificadas de-

nominadas *fonones*. Estas ondas son generadas tanto de manera espontánea por la naturaleza (el sol, los rayos...) como por el resultado de la actividad humana (actividad de los motores, propagación de energía eléctrica o información de nuestras señales de radio, televisión y comunicaciones móviles). En todos los casos tienen una característica en común, y es que unos niveles bajos de exposición (energía agregada de la onda) y de frecuencia (por debajo de los ultravioletas en que la energía elemental del fotón está por debajo del nivel necesario para ionizar los átomos o las moléculas) son inofensivos y pueden ser incluso beneficiosos: pensamos en el sol o en los tratamientos fisioterapéuticos, aunque siempre hay que tener presente que una sobreexposición puede ser nociva. Conscientes de ello, la ciencia y la técnica han estudiado y han establecido unos niveles de seguridad, normalmente muy por debajo de los niveles mínimos, para asegurar que su uso, tanto en términos de potencia como en términos de frecuencia, no comporte ningún efecto nocivo para las personas ni para los animales o plantas, ni, en definitiva, para la naturaleza que nos rodea. En cuanto a las aplicaciones de transporte de energía y las comunicaciones, objetos del presente informe, se habla siempre de ondas de baja intensidad y no ionizantes.

Un poco de historia

Aunque hemos convivido con estas señales desde siempre y de maneras muy variadas, la gran presencia en nuestras vidas y la tendencia natural a protegernos de posibles peligros han despertado una preocupación por el carácter de estas ondas. Así, de

La nueva ola de dispositivos conectables ha vuelto a poner este tema en el punto de mira.

(Fuente: Pixabay)



manera periódica y especialmente cada vez que hay avances científicos o técnicos importantes, como el desarrollo de las redes eléctricas para hacer llegar la electricidad a los hogares al comienzo del siglo xx, o la popularización de la radio en primer lugar y sobre todo de la teledifusión después a mediados de siglo xx, o mucho más recientemente las comunicaciones móviles, se ha producido una fase de mayor preocupación social.

En el marco de esta última tecnología de las comunicaciones móviles, hace unos quince o veinte años se produjo un fenómeno de debate social que, sin duda, ayudó a establecer mejores mecanismos de precaución respecto a los niveles de seguridad necesarios. El propio Parlamento de Cataluña abordó este tema en una comisión de estudio, desarrollada durante la sexta legislatura,¹ sobre los efectos de las líneas de alta tensión y de las instalaciones de telefonía móvil en la salud de las personas. En esta comisión de estudio, en que participaron diferentes expertos, se concluye que «no se han puesto de manifiesto incumplimientos de las normativas catalana y española con relación a los niveles máximos de exposición a los campos electromagnéticos, fijados por diferentes organismos internacionales». Por tanto, cabe destacar que la situación de partida no es de falta de control, de incumplimiento de la normativa o de desconocimiento por parte de la Administración.

Actualmente, la nueva ola de dispositivos conectables o internet de las cosas —en la mayoría de los cuales esta conectividad se hace a través de las ondas electromagnéticas y que se asocian a lo que se denomina «la quinta generación de comunicaciones móviles» (5G), que cubre las frecuencias actuales hasta 60 GHz y las extiende hasta los 300 GHz a medio plazo— ha vuelto a poner este tema en el punto de mira de las entidades sociales y ciudadanas, y en este sentido parece razonable profundizar en el estudio de los efectos potenciales de estos nuevos dispositivos y en la difusión de sus resultados.

Esta preocupación social no se da, por supuesto, solo en nuestro país, sino que en muchos entornos existe la misma preocupación por la información y por la necesidad de asegurar que los mecanismos de precaución y cumplimiento de los criterios de seguridad se respetan siempre y en todas las aplicaciones que nos rodean. En este sentido, la Unión Europea y el propio Parlamento Europeo se han hecho eco del tema y han elaborado estudios recientes que nos servirán de base para la información que aportamos en este boletín.

Algunos conceptos generales sobre la interacción de las ondas electromagnéticas sobre los seres vivos

Para entender la interacción de las ondas electromagnéticas con la materia, hay que hacer una primera distinción basada en si tienen carácter ionizante o no. Se dice que la radiación es ionizante si tiene suficiente energía como para arrancar un electrón de un átomo o una molécula y que se convierta en un ion. La energía de la radiación es proporcional a su frecuencia y es bien sabido que solo con radiaciones a frecuencias correspondientes al ultravioleta o superiores pueden tener carácter ionizante. Así, son ionizantes los ultravioletas y los rayos X, pero, en cambio, la luz visible, el infrarrojo, las ondas de radio o las frecuencias de las líneas eléctricas no son

ionizantes. Por lo tanto, al hablar de los efectos de las ondas de radio sobre la materia hay que incidir en que se tratan de radiaciones no ionizantes.

La interacción de los campos electromagnéticos con el cuerpo humano depende, en parte, del comportamiento de los tejidos, y este comportamiento varía en función de la frecuencia. A frecuencias bajas, por debajo de 100 KHz, los tejidos tienen el comportamiento de un conductor moderadamente bueno, mientras que en frecuencias superiores es el de un dieléctrico (en general, más aislante) con pérdidas. Esta variación en el comportamiento hace que a bajas frecuencias el efecto del campo es el de inducir corrientes eléctricas, mientras que a altas frecuencias la forma básica de interacción de las radiaciones no ionizantes con el cuerpo es en forma de calor. La absorción de las ondas provoca un incremento de la temperatura; de hecho, este es el efecto que se aprovecha para calentar en los hornos microondas. Por tanto, las normativas que limitan la exposición a los campos electromagnéticos se elaboran para garantizar que la interacción de los campos electromagnéticos con el cuerpo humano no alteren su normal funcionamiento. Ello quiere decir que, a bajas frecuencias, las corrientes inducidas no solo no producen una situación de malestar, sino que son muy inferiores a las corrientes que la normal actividad bioeléctrica del cuerpo produce. A altas frecuencias, debe garantizarse que la absorción de energía por el cuerpo humano asociada a una onda electromagnética sea compensada por los mecanismos de termorregulación del propio cuerpo humano. Hay que tener en cuenta que los cambios en la temperatura ambiente, la práctica de ejercicio físico o la exposición a fuentes de calor obligan al cuerpo a activar constantemente mecanismos de termorregulación para mantener la temperatura corporal dentro de unos márgenes estrictos. Los límites de protección a las radiaciones electromagnéticas se fijan aplicando unos márgenes de seguridad sobre valores que se consideran, por sí mismos, inocuos, en el sentido de que no suponen estrés para los mecanismos de termorregulación del cuerpo humano. Dado que la penetración de los campos electromagnéticos, así como la capacidad para su absorción, depende de la frecuencia, los límites de protección se terminan expresando como valores de campo máximo que varían en las diferentes bandas de frecuencia.

El efecto térmico y la adecuada protección que las normativas ofrecen para evitarlo son hechos aceptados e incontrovertibles. Hay muchos mecanismos biológicos en los que existe una base eléctrica. Por lo tanto, una vez descartados los efectos ionizantes y los térmicos, la cuestión es si la exposición a campos electromagnéticos a frecuencias en que no son ionizantes y a intensidades en que no producen efectos térmicos apreciables pueden, de alguna manera, perjudicar el normal funcionamiento de los mecanismos biológicos del cuerpo humano. La respuesta a esta cuestión se aborda de tres maneras diferentes. En primer lugar, al igual que los efectos de las radiaciones ionizantes o los térmicos pueden ser modelados y estudiados teóricamente, el primer punto es si se puede establecer teóricamente la posibilidad de alterar el normal funcionamiento de procesos biológicos conocidos con radiaciones electromagnéticas no ionizantes de baja intensidad. El segundo aspecto se sitúa a partir de la experimentación *in vivo*, sea en el campo celular

La Unión Europea hace un seguimiento de los efectos de las ondas electromagnéticas sobre la salud. (Fuente: Pixabay)



o sobre animales. En este caso se aplica la radiación electromagnética en el laboratorio y de manera controlada sobre una población de prueba, y se estudia si desarrollan alteraciones, ya sean fisiológicas o en el comportamiento. La tercera aproximación son los estudios epidemiológicos. Aquí se estudia si es posible establecer una relación entre la prevalencia de una cierta enfermedad o afectación a la salud y la exposición a los campos electromagnéticos. La acción de los grupos de trabajo científicos de las organizaciones internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), consiste en una revisión exhaustiva de las evidencias publicadas en revistas científicas para responder a la cuestión de si existen efectos biológicos adversos asociados a la exposición de campos electromagnéticos con intensidades inferiores a los niveles fijados para evitar los efectos térmicos y, por tanto, si hay que establecer elementos adicionales de protección, a partir de cualquiera de las tres posibles aproximaciones descritas anteriormente. Hasta ahora la respuesta ha sido que no.

El seguimiento en la Unión Europea. La situación normativa actual

La actuación de la Unión Europea (UE)² con relación a las ondas electromagnéticas (o campos electromagnéticos) está basada en las recomendaciones del Consejo de la Unión Europea, sobre la limitación de la exposición pública a estos campos (0 Hz-300 GHz)³ y que propone: a) establecer un conjunto de restricciones básicas y los niveles de referencia correspondientes; b) crear elementos de base para la legislación de la UE en seguridad de los productos; c) hacer un llamamiento en la Comisión Europea para revisar regularmente cualquier efecto que los campos electromagnéticos puedan tener en la salud, y d) proporcionar orientaciones a los gobiernos de los diferentes estados.

a) Las restricciones y los niveles de referencia propuestos por la recomendación se basan en las directrices de la Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP, órgano de expertos científicos reconocidos por la Organización Mundial de la Salud), que fueron aceptadas por el Comité Científico de la UE en 1999 y que, desde entonces, son revisadas periódicamente por un comité y son objeto de cuatro informes científicos específicos sobre el efecto en la salud de la exposición a los campos electromagnéticos.

b) Para el desarrollo de las medidas legislativas en la UE, las recomendaciones sirven de base para las actualizaciones de las diferentes directivas: i) la Directiva 2013/35/EU, que establece unos requerimientos mínimos en términos de salud y seguridad con relación a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los campos electromagnéticos; ii) la Directiva 2014/35/EU, que trata del equipamiento eléctrico de bajo voltaje, y iii) la Directiva 2014/53/EU, que cubre los equipamientos terminales de radio y telecomunicaciones.

c) El seguimiento de la UE de los efectos potenciales sobre la salud ha tenido como resultado diferentes informes y documentos del Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (CCRSERI), que ha emitido diversos estudios y opiniones que no han proporcionado ninguna justificación científica que pueda llevar a la necesidad de revisar los límites actuales sobre expo-

sición (restricciones básicas y límites de referencia). A pesar de ello, reconocen que los datos básicos para evaluar determinados riesgos son aún limitados, especialmente para las exposiciones de bajo nivel durante períodos largos de tiempo, de manera que se necesitan más estudios de investigación sobre el tema. La Comisión ha resumido los contenidos de más de setecientos estudios –la mayoría posteriores al 2009– en un documento relativo a los campos electromagnéticos denominado «¿Es peligrosa para la salud la exposición a campos electromagnéticos?».⁴ El texto –después de revisar algunos aspectos generales, como el hecho de que los campos electromagnéticos no son ni un fenómeno únicamente humano, ya que existen también en la naturaleza, ni reciente, ya que desde hace más de un siglo convivimos con los campos electromagnéticos producidos por las líneas de distribución de electricidad– recoge de manera resumida la siguiente información: a) los resultados de los trabajos de investigación más recientes muestran que no hay evidencia alguna de efectos adversos sobre la salud si los niveles de exposición están por debajo de los umbrales establecidos por los estándares actuales; b) estudios que sugerían una asociación entre los campos electromagnéticos producidos por dispositivos móviles e incrementos del riesgo de determinadas formas de cáncer o de Alzheimer no se han podido confirmar, y los niveles de incidencia de estas enfermedades no se habían modificado desde la introducción de los móviles; c) estudios epidemiológicos que relacionan la exposición a campos de muy baja frecuencia, como los de las líneas de transporte o distribución de electricidad, con niveles de incidencia más altos de leucemias en niños no han podido ser corroborados ni reproducidos en laboratorios mediante estudios celulares o con animales; d) de los síntomas que determinadas personas expresan tener cuando se exponen a campos electromagnéticos, como dolor de cabeza, problemas de sueño o fatiga, conocidos como hipersensibilidad, a pesar de que constituye un problema real para ellas, no se ha podido encontrar ninguna evidencia científica; e) a pesar de lo expuesto en las letras anteriores, se insiste en la necesidad de continuar investigando para confirmar o excluir las posibles causas de la asociación de los campos electromagnéticos con determinados efectos adversos, y f) a pesar de que pueda parecer que el nivel de exposición puede aumentar por el incremento del número de dispositivos, dado que los niveles emitidos cada vez son más bajos –tanto por razones de seguridad como por ahorro de energía–, en conjunto, los niveles de exposición pueden estar bajando, aunque ello puede depender, igualmente, de la localización o del estilo de vida.

d) El Parlamento Europeo ha adoptado diferentes resoluciones sobre campos electromagnéticos y envía regularmente preguntas escritas a la Comisión. En ese sentido, cabe destacar dos documentos: i) la hoja de datos sobre las preguntas y respuestas más comunes sobre campos electromagnéticos⁵ (quince preguntas y respuestas), y ii) el resumen sencillo de leer opiniones científicas: efectos potenciales sobre la salud de la exposición a los campos electromagnéticos.^{6 7 8}

El Comité Económico y Social Europeo (un órgano asesor de la UE) ha elaborado, por propia iniciativa, un documento sobre hipersensibilidad electromagnética,⁹ un tema que preocupa con relación a la

Hay una percepción de riesgo asociado a la exposición a los campos electromagnéticos que no se justifica teniendo en cuenta el conocimiento científico y la actividad de control administrativo.

(Fuente: Internet).



existencia de personas con una sensibilidad especial a los campos electromagnéticos, que se mantiene en la línea de estudios anteriores en el sentido de que: i) no hay efectos adversos que se puedan identificar; ii) hay que seguir haciendo investigación sobre el tema, y iii) es necesario mantener todas las precauciones y los niveles de radiación por debajo de los límites establecidos.

La seguridad de las ondas electromagnéticas

Los niveles de referencia para la exposición del público a las ondas electromagnéticas, o sea, el nivel máximo que pueden tener en un lugar de acceso general al público, emana de la Recomendación del Consejo de la Unión Europea 1999/519/EC, de 12 de julio de 1999, que fija restricciones básicas y niveles de referencia para la exposición del público en general a campos electromagnéticos basados en las directrices publicadas por el ICNIRP en su informe de abril de 1998.¹⁰ Para la exposición al público en general, la restricción básica se fija en un valor cincuenta veces inferior al umbral que se considera seguro.

La percepción del riesgo

La exposición a campos electromagnéticos, en general, y a los de origen humano, en particular, ya sean los asociados a líneas de distribución de electricidad, o por el uso en sistemas de comunicación tales como la difusión de radio, televisión o en telefonía móvil, no es un fenómeno nuevo y forma parte de nuestra cotidianidad desde hace más de cien años, y de manera extendida en los últimos veinte o treinta años. La existencia de normativas que limitan la exposición a los campos electromagnéticos, así como la disponibilidad de medios para hacer predicciones sobre los niveles de exposición y para su medición, ha sido paralela a este desarrollo. A pesar de ello, sigue existiendo una percepción de riesgo asociado a la exposición a los campos electromagnéticos que no se justifica teniendo en cuenta el conocimiento científico y la actividad de control administrativo. Uno de los factores que promueven este incremento injustificado de la percepción de riesgo es la confusión que se produce entre radiación –o sea, la transmisión de energía mediante ondas– y radiactividad –fenómeno físico totalmente diferente. Por otra parte, la oposición al desarrollo de infraestructuras visualmente impactantes como son las líneas de alta tensión o ciertas instalaciones de telefonía móvil es fácilmente mutable en una oposición basada en riesgos para la salud de dichas instalaciones. Finalmente, la mala imagen de las compañías operadoras de estos servicios, de distribución de electricidad y telefonía móvil, así como la existencia de un pequeño pero activo sector empresarial que busca sus oportunidades de negocio en actividades paracientíficas alrededor de fomentar y exagerar la percepción de riesgo, hacen que cuando existe una situación de conflicto, si no se da una rápida acción informativa por parte de la Administración, se generen fuertes movimientos de oposición ciudadana.

Conclusiones

De acuerdo con las consideraciones anteriores, pueden concluirse los siguientes aspectos más significativos:

- La existencia de los campos electromagnéticos y la consiguiente exposición no es un fenómeno ni reciente (hace más de un siglo que convivimos con las líneas de transporte y distribución de electricidad) ni debido únicamente a la actividad humana, ya que la naturaleza también produce campos electromagnéticos.
- Todos los estudios y búsquedas realizados concluyen que no se ha podido establecer ninguna asociación (ni observar ningún incremento en los niveles generales de incidencia en la población) entre las diferentes formas de exposición y la aparición de determinadas enfermedades o efectos adversos, siempre y cuando esta exposición esté por debajo de los niveles de seguridad establecidos y efectivamente implantados.
- A pesar de que no se haya podido encontrar ninguna evidencia científica de posibles efectos adversos, es preciso insistir en la necesidad de continuar investigando para confirmar o excluir posibles causas de asociación entre los campos electromagnéticos y determinados efectos adversos, por situaciones específicas como pueden ser exposiciones de larga duración o fenómenos como el de la hipersensibilidad.

Referencias

1. Informe de la Comissió d'Estudi sobre els Efectes de les Línies d'Alta Tensió i de les Instal·lacions de Telefonía Mòbil en la Salut de les Persones, tram. 260-00003/06. *Butlletí Oficial del Parlament de Catalunya*, VI legislatura, número 450, 29 de julio de 2003, <http://www.parlament.cat/document/bopc/50389.pdf>.
2. http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/eu_actions_en
3. Recomendación del Consejo de 12 de julio de 1999 que limita la exposición pública a los campos electromagnéticos (de 0 Hz a 300 GHz), 1999/519/EC, *Diario Oficial de la Unión Europea*, 30 de julio de 1999, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV:c11545>
4. «Does electromagnetic field exposure endanger health?», marzo de 2015, https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/docs/citizens_emf_en.pdf
5. Hoja informativa con preguntas y respuestas más frecuentes sobre los campos electromagnéticos, http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/latest_updates_es
6. Easy to read summaries of scientific opinions. Potential health effects of exposure to electromagnetic fields
7. Workshop on EMF and Potential Health Effects, http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/events/ev_20140328_presentations_en
8. Preliminary Opinion on Possible effects of EMF on Human Health, 19 de julio de 2006
9. Opinion of the European Economic and Social Committee on Electromagnetic hypersensitivity, 21 de enero de 2015.
10. Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP).
11. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), ICNIRP; Health Physics, abril de 1998, vol. 74, número 4, p. 494-523