

Radiación ionizante

De Wikipedia, la enciclopedia libre

Saltar a [navegación](#), [búsqueda](#)



Señal de riesgo por radiación.

Radiaciones ionizantes son aquellas [radiaciones](#) con energía suficiente para [ionizar](#) la materia, extrayendo los [electrones](#) de sus estados ligados al átomo.

Existen otros procesos de emisión de energía, como por ejemplo el debido a una lámpara, un calentador (llamado radiador precisamente por radiar calor o radiación infrarroja), o la emisión de radio ondas en [radiodifusión](#), que reciben el nombre genérico de [radiaciones](#).

Las radiaciones ionizantes pueden provenir de sustancias radiactivas, que emiten dichas radiaciones de forma espontánea, ó de generadores artificiales, tales como los generadores de Rayos X y los aceleradores de partículas.

Las procedentes de fuentes de radiaciones ionizantes que se encuentran en la corteza terrestre de forma natural, pueden clasificarse como compuesta por [partículas alfa](#), [beta](#), [rayos gamma](#) o [rayos X](#). También se pueden producir [fotones](#) ionizantes cuando una partícula cargada que posee una energía cinética dada, es [acelerada](#) (ya sea de forma positiva o negativa), produciendo [radiación de frenado](#), también llamada [bremsstrahlung](#), o de [radiación sincrotrón](#) por ejemplo (hacer incidir electrones acelerados por una diferencia de potencial sobre un medio denso como [tungsteno](#), [plomo](#) o [hierro](#) es el mecanismo habitual para producir [rayos X](#)). Otras radiaciones ionizantes naturales pueden ser los [neutrones](#) o los [muones](#).

Las radiaciones ionizantes interactúan con la [materia viva](#), produciendo diversos efectos. Del estudio de esta interacción y de sus efectos se encarga la [radiobiología](#).

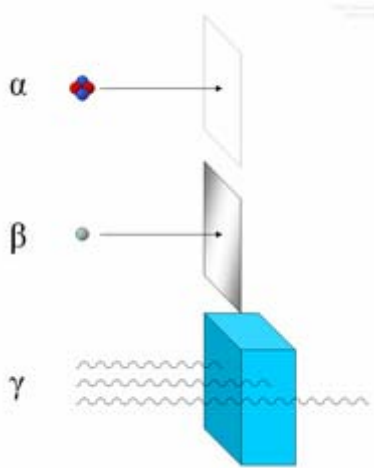
Son utilizadas, desde su descubrimiento por [Becquerel](#) en 1896, en aplicaciones médicas e industriales, siendo la aplicación más conocida los aparatos de [rayos X](#), o el uso de fuentes de radiación en el ámbito médico, tanto en diagnóstico ([gammagrafía](#)) como en el tratamiento (radioterapia en [oncología](#), por ejemplo) mediante el uso de fuentes (p.ej. [cobaltoterapia](#)) o [aceleradores de partículas](#).

Tabla de contenidos

[ocultar]

- 1 Clasificación de las radiaciones ionizantes
 - 1.1 Según sean fotones o partículas
 - 1.2 Según la ionización producida
 - 1.3 Según la fuente de la radiación ionizante
- 2 Radiaciones ionizantes y salud
- 3 Utilidad de las radiaciones ionizantes
- 4 Interacción de la radiación con la materia
- 5 Unidades de medida de la radiación ionizante
 - 5.1 Véase también
- 6 Enlaces externos
- 7 Referencias

Clasificación de las radiaciones ionizantes [editar]



Representación sencilla del poder de penetración de los distintos tipos de radiación ionizante. Una partícula alfa no penetra una lámina de papel, una beta no penetra una lámina de metal y un fotón penetra incluso grandes espesores de metal u hormigón

Según sean fotones o partículas [editar]

- **Radiación electromagnética:** está formada por **fotones** con energía suficiente como para ionizar la materia (es decir, superior a unas decenas de **electronvoltios**). Según su origen y su energía se clasifican en **rayos X** y **rayos gamma**.
- **Radiación corpuscular:** incluye a las partículas **alfa** (núcleos de Helio), **beta** (electrones y positrones de alta energía), **protones**, **neutrones** y otras partículas que sólo se producen por los **rayos cósmicos** o en aceleradores de muy alta energía, como los **piones** o los **muones**.

Según la ionización producida [editar]

- **Radiación directamente ionizante:** suele comprender a las radiaciones corpusculares formadas por partículas cargadas que interaccionan de forma directa con los electrones y el

núcleo de los átomos de moléculas blanco o diana como el [oxígeno](#) y el [agua](#). Suelen poseer una [transferencia lineal de energía](#) alta.

- **Radiación indirectamente ionizante:** está formada por las partículas no cargadas como los [fotones](#), los [neutrinos](#) o los [neutrones](#), que al atravesar la materia interaccionan con ella produciendo partículas cargadas siendo éstas las que ionizan a otros átomos. Suelen poseer una baja transferencia lineal de energía.

Según la fuente de la radiación ionizante [\[editar\]](#)

- **Las radiaciones naturales:** proceden de [radioisótopos](#) que se encuentran presentes en el [aire](#) (como por ejemplo el ^{222}Rn o el ^{14}C), el cuerpo humano (p. ej. el ^{14}C o el ^{235}U), los [alimentos](#) (p. ej. el ^{24}Na o el ^{238}U), la [corteza terrestre](#) (y por tanto las rocas y los materiales de construcción obtenidos de éstas, como el ^{40}K), o del [espacio](#) ([radiación cósmica](#)). Son radiaciones no producidas por el hombre. Más del 80% de la exposición a radiaciones ionizantes en promedio a la que está expuesta la [población](#) proviene de las fuentes naturales.

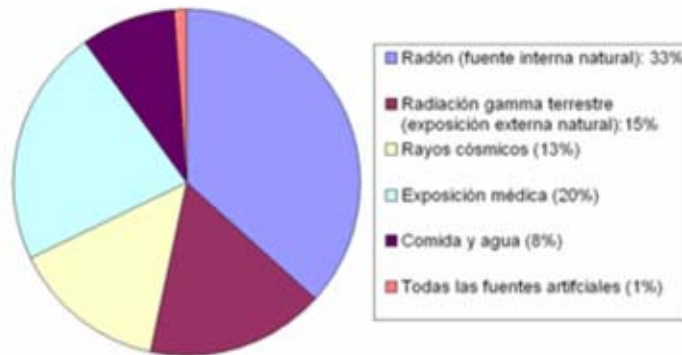
Véase también: [Radiación natural](#), [Rayos cósmicos](#), y [Redradna](#)

- **Las radiaciones artificiales:** están producidas mediante ciertos aparatos o métodos desarrollados por el ser humano, como por ejemplo los aparatos utilizados en [radiología](#), algunos empleados en [radioterapia](#), por materiales radiactivos que no existen en la naturaleza pero que el ser humano es capaz de sintetizar en [reactores nucleares](#) o [aceleradores](#), o por materiales que existen en la naturaleza pero que se concentran químicamente para utilizar sus propiedades radiactivas. La naturaleza física de las radiaciones artificiales es idéntica a la de las naturales. Por ejemplo, los rayos X naturales y los rayos X artificiales son ambos rayos X (fotones u ondas electromagnéticas que proceden de la desexcitación de electrones atómicos). Ejemplos de fuentes artificiales de radiación son los aparatos de rayos X, de aplicación médica o industrial, los [aceleradores de partículas](#) de aplicaciones médicas, de investigación o industrial, o materiales obtenidos mediante técnicas nucleares, como ciclotrones o centrales nucleares.

Los restos de las explosiones de bombas en la [segunda guerra mundial](#), en las pruebas atómicas llevadas a cabo en la atmósfera por las potencias nucleares durante el inicio de la Guerra Fría, o las debidas al [accidente de Chernobyl](#) dan lugar a una presencia ubicua de radioisótopos artificiales procedentes de la fisión (principalmente ^{137}Cs). Los isótopos de [semiperiodo](#) más largo serán detectables durante decenas de años en toda la superficie terrestre.

Radiaciones ionizantes y salud [\[editar\]](#)

EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES IONIZANTES EN HUMANOS



Exposición a las radiaciones ionizantes en humanos.

Como ya se ha dicho, los seres vivos están expuestos a niveles bajos de radiación ionizante procedente del [sol](#), las [rocas](#), el [suelo](#), fuentes naturales del propio organismo, residuos radiactivos de pruebas nucleares en el pasado, de ciertos productos de consumo y de materiales radiactivos liberados desde hospitales y desde plantas asociadas a la [energía nuclear](#) y a las de [carbón](#).

Los trabajadores expuestos a mayor cantidad de radiaciones son los astronautas (debido a la radiación cósmica), el personal médico o de rayos X, los investigadores, los que trabajan en una instalación radiactiva o nuclear y los trabajadores de las [industrias NORM](#). Además se recibe una exposición adicional con cada examen de rayos X y de medicina nuclear, y la cantidad depende del tipo y del número de exploraciones.

No se ha demostrado que la exposición a bajos niveles de radiación ionizante del [ambiente](#) afecte la salud de seres humanos. De hecho existen estudios que afirman que podrían ser beneficiosas (la hipótesis de la [hormesis](#)).^{1 2} Sin embargo, los organismos dedicados a la [protección radiológica](#) oficialmente utilizan la hipótesis conservadora de que incluso en dosis muy bajas o moderadas, las radiaciones ionizantes aumentan la probabilidad de contraer [cáncer](#), y que esta probabilidad aumenta con la dosis recibida ([Modelo lineal sin umbral](#)).^{3 4} A los efectos producidos a estas dosis bajas se les suele llamar efectos probabilistas, estadísticos o [estocásticos](#).

La exposición a altas dosis de radiación ionizante puede causar quemaduras de la piel, caída del cabello, náuseas, enfermedades y la muerte. Los efectos dependerán de la cantidad de radiación ionizante recibida y de la duración de la irradiación, y de factores personales tales como el sexo, edad a la que se expuso, y del estado de [salud](#) y nutrición. Aumentar la dosis produce efectos más graves.

Está demostrado que una dosis de 3 a 4 [Sv](#) produce la muerte en el 50 % de los casos. A los efectos producidos a altas dosis se les denomina deterministas o no estocásticos en contraposición a los estocásticos.

Véase también: [Envenenamiento por radiación](#)

Utilidad de las radiaciones ionizantes [[editar](#)]

Las radiaciones ionizantes tienen aplicaciones muy importantes en [ciencias](#), [industrias](#), [medicina](#). En la industria, las radiaciones ionizantes pueden ser útiles para la producción de energía, para la [esterilización](#) de alimentos, para conocer la composición interna de diversos materiales y para detectar errores de fabricación y ensamblaje. En el campo de la medicina, las radiaciones ionizantes también cuentan con numerosas aplicaciones beneficiosas para el ser humano. Con ellas se pueden realizar una gran variedad de estudios [diagnósticos](#) ([Medicina Nuclear](#) y [Radiología](#)) y [tratamientos](#) ([Medicina Nuclear](#) y [Radioterapia](#)).

Interacción de la radiación con la materia [\[editar\]](#)

Las partículas cargadas como los [electrones](#), los [positrones](#), [muones](#), [protones](#), [iones](#) u otras, interactúan directamente con la corteza electrónica de los átomos debido a la fuerza electromagnética.

Los rayos gamma interactúan con los [átomos](#) de la materia con tres mecanismos distintos.

1. **Absorción fotoeléctrica:** es una interacción en la que el fotón gamma incidente desaparece. En su lugar, se produce un fotoelectrón de una de las capas electrónicas del material absorbente con una energía cinética procedente de la energía del fotón incidente, menos la energía de ligadura del electrón en su capa original.
2. **Efecto Compton:** es una colisión elástica entre un electrón ligado y un fotón incidente, siendo la división de energía entre ambos dependiente del ángulo de dispersión.
3. **Producción de pares:** el proceso ocurre en el campo de un núcleo del material absorbente y corresponde a la creación de un par electrón - positrón en el punto en que desaparece el fotón gamma incidente. Debido a que el positrón es una forma de [antimateria](#), una vez que su energía cinética se haga despreciable se combinará con un electrón del material absorbente, aniquilándose y produciendo un par de fotones.

Los neutrones interactúan con los núcleos de la materia mediante los siguientes efectos:

1. **Activación:** es una interacción completamente inelástica de los neutrones con los núcleos, mediante la cual el neutrón es absorbido, produciendo un [isótopo](#) diferente. Es la base de la [transmutación](#) producida en los [ADS's](#).
2. **Fisión:** mediante esta interacción los neutrones se unen a un núcleo pesado (como el [uranio-235](#)) excitándolo de forma tal que provoca su inestabilidad y desintegración posterior en dos núcleos más ligeros y otras partículas. Es la base de los reactores nucleares de fisión.
3. **Colisión inelástica:** en esta interacción el neutrón colisiona con el núcleo cediendo una parte de su energía, con lo que el resultado es un neutrón y un núcleo excitado que normalmente emite radiaciones gamma, ionizantes, más tarde.

Unidades de medida de la radiación ionizante [\[editar\]](#)

Los seres humanos no poseen ningún [sentido](#) que perciba las radiaciones ionizantes. Existen diversos tipos de instrumentos que pueden captar y medir la cantidad de radiación ionizante que absorbe la materia. (Ver como ejemplo los contadores Geiger, detectores de ionización gaseosa, centelleadores o ciertos semiconductores)

Existen varias unidades de medida de la radiación ionizante, unas tradicionales y otras del [sistema internacional de unidades](#) (SI).

- **Unidades tradicionales:** son el [Roentgen](#), el [Rad](#), el [rem](#).
- **Unidades del sistema internacional:** son las más utilizadas el Culombio/kg, el [Gray](#) (Gy) y el [Sievert](#) (Sv).

Véase también [\[editar\]](#)

- [radiación](#)
- [radiación nuclear](#)
- [radiobiología](#)
- [Envenenamiento por radiación](#)
- [Condiciones de trabajo](#)
- [Condiciones de trabajo en España](#)

Enlaces externos [\[editar\]](#)

- [ATSDR en Español - ToxFAQs™: Radiación ionizante](#) Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. (dominio público)
- [ATSDR en Español - Resumen de Salud Pública: Radiación ionizante](#) Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. (dominio público)
- [Sensorcdt-CM ,Sensores de Radiación CdTe](#)

Referencias [\[editar\]](#)

1. ↑ [Liu, Shu Zheng, Liu, W. H. y Sun, J. B. Health Physics 52\(5\) 1987. Estudio que presenta la hormesis en animales \(en inglés\)](#)
2. ↑ [Biologic responses to low doses of ionizing radiation: Detriment versus hormesis. J Nuc Med. 42\(9\). 2001. \(en inglés\)](#)
3. ↑ [\(en inglés\) D.B. Richardson, S. Wing \(1999\), Radiation and mortality of workers at Oak Ridge National Laboratory: positive associations for doses received at older ages, Environmental Health Perspectives \[10 de diciembre de 2007\]](#)
4. ↑ [ICRP \(2005\), ICRP Publication 99. Low-dose Extrapolation of Radiation-related Cancer Risk, Elsevier. ISSN 0146-6453.](#)

Texto en negrita

Obtenido de "http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ionizante"

Categoría: [Radiactividad](#)

RADIACIONES NO IONIZANTES...¿SÓN PERJUDICIALES PARA LA SALUD?

Martes, mayo 02, 2006

Las ondas electromagnéticas de baja frecuencia se denominan "*campos electromagnéticos*", y las de muy alta frecuencia,

"*radiaciones electromagnéticas*". Según sea su frecuencia y energía, las ondas electromagnéticas pueden clasificarse en "*radiaciones ionizantes*" o "*radiaciones no ionizantes*", por lo cual, conviene hacer una diferenciación entre estos dos conceptos.

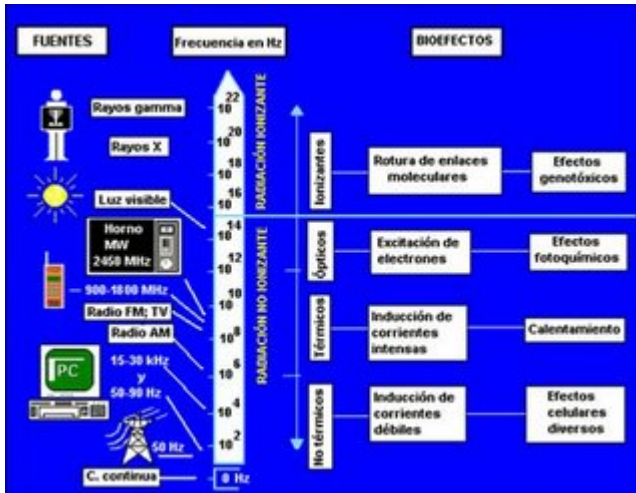


Las **radiaciones ionizantes** son ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente elevada (rayos X y gamma), que contienen energía fotónica suficiente para producir la ionización (conversión de átomos o partes de moléculas en iones con carga eléctrica positiva o negativa) mediante la ruptura de los enlaces atómicos que mantienen unidas las moléculas en la célula.



Las **radiaciones no ionizantes** constituyen, en general, la parte del espectro electromagnético cuya energía fotónica es demasiado débil para romper enlaces atómicos. Entre ellas cabe citar la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, los campos de radiofrecuencias y microondas, los campos de frecuencias extremadamente bajas y los campos eléctricos y magnéticos estáticos.

Una de las formas de transmisión de energía es la que se realiza a través de la radiación de ondas electromagnéticas, caracterizadas por la existencia de campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Las ondas electromagnéticas se diferencian unas de otras por la cantidad de energía que son capaces de transmitir, y ello depende de su frecuencia. El conjunto de todas ellas constituye el Espectro electromagnético. Ordenados de menor a mayor energía se pueden resumir los diferentes tipos de ondas electromagnéticas de la siguiente forma:



- Campos eléctricos y magnéticos estáticos (imanes, conductores eléctricos de corriente continua, etc.)
- * Ondas electromagnéticas de Extremadamente Baja Frecuencia. El intervalo de frecuencias alcanza hasta 3 KHz. (Líneas eléctricas de corriente alterna)
- * Ondas electromagnéticas de Muy Baja Frecuencia. El intervalo de frecuencias es de 3 a 30 KHz. (Algunas máquinas de soldadura por inducción)
- * Ondas electromagnéticas de Radio Frecuencia (RF). El intervalo de frecuencias es de 30 KHz a 1.000 millones de Hz (=GHz). (Ondas de radio y televisión, soldadura de plásticos, etc.)
- * Microondas (MO). Ondas electromagnéticas entre 1 y 300 GHz. (Hornos de microondas, telefonía móvil, etc...)
- * Infrarrojos (IR). Ondas electromagnéticas entre 300 GHz y 385 THz (1 THz = 1.000 GHz). (Lámparas de infrarrojos, material candente, etc.)
- * Luz visible. Ondas electromagnéticas entre 385 THz y 750 THz. (Iluminación)
- * Ultravioleta (UV) no ionizante. Ondas electromagnéticas entre 750 THz y 3000 THz. (Lámparas solares, lámparas de detección de taras, lámparas de insolación industrial, etc.)

ORIGEN DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES

Los campos electromagnéticos son fenómenos naturales; las galaxias, el sol, las estrellas emiten radiación de baja densidad, y en la atmósfera existen cargas eléctricas que generan campos magnéticos a los que estamos sometidos permanentemente, y que se hacen mucho más intensos, p.ej., durante las tormentas eléctricas.



Pero a estos campos eléctricos y magnéticos naturales se han unido en el último siglo un amplio número de campos artificiales, creados por maquinaria industrial, líneas eléctricas, electrodomésticos, etc. que nos exponen a diario a una radiación adicional. Si bien, con alguna excepción, toda esta radiación artificial es mucho más débil que los campos electromagnéticos naturales, en muchas profesiones del sector electrónico, ferroviario, medicinal y de telecomunicaciones la exposición es continuada.

EFECTOS

BIOLÓGICOS

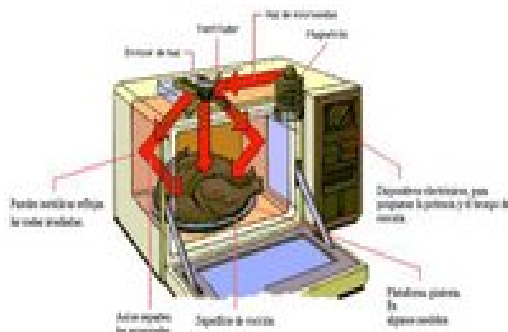
Las radiaciones no ionizantes, aún cuando sean de alta intensidad, no pueden causar ionización en un sistema biológico. Sin embargo, se ha comprobado que esas radiaciones producen otros efectos biológicos, como por ejemplo calentamiento, alteración de las reacciones químicas o inducción de corrientes eléctricas en los tejidos y las células.

Las ondas electromagnéticas pueden producir efectos biológicos que a veces, resultan perjudiciales para la salud. Es importante comprender la diferencia entre ambos: Un efecto biológico se produce cuando la exposición a las ondas electromagnéticas provoca algún cambio fisiológico perceptible o detectable en un sistema biológico, en tanto un efecto perjudicial para la salud

tiene lugar cuando el efecto biológico sobrepasa la capacidad normal de compensación del organismo y origina así algún proceso patológico.



Algunos efectos biológicos pueden ser inocuos, como p.ej. la reacción orgánica de **incremento del riego sanguíneo cutáneo** en respuesta a un ligero calentamiento producido por el sol. Algunos efectos pueden ser provechosos, como p.ej. la **sensación cálida** de la luz solar directa en un día frío, o incluso beneficiosos para la salud, como es el caso de la función solar en la **producción de vitamina D** por el organismo. Sin embargo, otros efectos biológicos, como son las **quemaduras solares** o el **cáncer de piel**, resultan perjudiciales para la salud.



Respecto a sus efectos sobre el organismo son de diferente naturaleza dependiendo de la banda de frecuencias en la que nos movamos. La radiación de Alta Frecuencia y las Microondas provocan **vibraciones moleculares**, produciendo calor -de ahí su empleo doméstico e industrial-, con lo que pueden producir quemaduras a partir de una determinada cantidad de radiación absorbida. Así, mientras que las Radiaciones Ultravioletas pueden producir afecciones en la piel (eritemas) y **conjuntivitis** por exposición de la piel y los ojos respectivamente, la Radiación Infrarroja puede lesionar la retina o producir opacidad del cristalino del ojo y daños en la piel por cesión de calor.

Las Microondas son especialmente peligrosas por los efectos sobre la salud derivados de la gran capacidad de calentamiento que poseen, al potenciarse su acción cuando inciden sobre moléculas de agua que forman parte de los tejidos.

Con menor facilidad logran el efecto de calentamiento de los tejidos las ondas electromagnéticas correspondientes a la Radio Frecuencia y Muy Baja Frecuencia. Es sabido que los campos de radiofrecuencias producen calentamiento e inducen corrientes eléctricas. Asimismo, se han notificado otros efectos biológicos menos probados.



Respecto a los Campos Eléctricos y Magnéticos Estáticos y Ondas Electromagnéticas de Extremadamente Baja Frecuencia, se sabe que pueden tener efectos nocivos en el sistema nervioso y cardiovascular. Se discute en la actualidad la fiabilidad de ciertos estudios que otorgan la capacidad de producir ciertos tipos de cáncer a las radiaciones de Extremadamente Baja Frecuencia, pero las restricciones que actualmente se aplican a este tipo de radiaciones no tienen en cuenta por ahora dichos efectos.

Aunque es indudable que ejercen efectos biológicos, el papel de las radiaciones no ionizantes como agentes cancerígenos es polémico. Se piensa que, en todo caso, actuarían como **promotores tumorales**, con escaso o nulo poder inicial para convertir genes normales en *oncogenes*. En muchos trabajos se ha determinado un mayor riesgo relativo de leucemias, tumores cerebrales y otros cánceres en sujetos que residen en las proximidades de las líneas de alta tensión y entre distintas poblaciones expuestas profesionalmente. La sospecha de asociación más firme se ha establecido con las leucemias infantiles.

PREGUNTAS FRECUENTES: RADIACIONES NO IONIZANTES

Inicio 



¿Qué es la radiación electromagnética?

Se denomina así a la propagación de campos electromagnéticos mediante ondas a partir de una fuente. Esta denominación comprende distintos tipos de emisiones, dependiendo de la frecuencia de dichas ondas, comprendiendo no sólo las ondas empleadas en radiocomunicación, que son el objeto de este estudio y que, en adelante, denominaremos emisiones radioeléctricas, sino los rayos infrarrojos, la luz visible, la ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma, los producidos por la materia radiactiva.



¿Qué son las radiaciones ionizantes?

Para ionizar la materia es necesario superar un determinado nivel de energía al que corresponde una determinada frecuencia. Las radiaciones con energía suficiente para crear iones se denominan "ionizantes".



¿Son ionizantes las ondas de radio?

No. Las frecuencias utilizadas en los sistemas de radiocomunicaciones (celulares y sistemas de radiocomunicaciones) son varios millones de veces inferiores a las correspondientes a la energía necesaria para ionizar la materia por lo que estas emisiones radioeléctricas son "no ionizantes".



¿Qué efecto producen las emisiones radioeléctricas sobre el cuerpo humano?

Pueden producir calentamiento, el cual es controlado por las defensas del cuerpo humano.



¿Es perjudicial el calentamiento producido por las radiaciones electromagnéticas?

Dentro de ciertos límites, el organismo humano dispone de mecanismos de termoregulación cuya misión es mantener la temperatura corporal. Tomar el sol supone una exposición a las radiaciones electromagnéticas de la luz solar, siendo de sobra conocido que deben tomarse ciertas precauciones. Del mismo modo, las emisiones radioeléctricas utilizadas en las telecomunicaciones deben funcionar dentro de los márgenes considerados científicamente seguros.



¿Son seguros los teléfonos móviles?

De acuerdo con la opinión generalizada de las autoridades científicas, no hay evidencia de que el uso de teléfonos móviles pueda causar efectos nocivos para la salud. Algunos estudios sugieren que las emisiones radioeléctricas de los teléfonos móviles podrían causar sutiles cambios fisiológicos, fundamentalmente un incremento de la temperatura corporal, que no entrañan riesgos para la salud.



¿Cómo se determinan los niveles máximos de exposición a las emisiones radioeléctricas?

La determinación de estos niveles se hace estableciendo parámetros medibles en las instalaciones. Un parámetro importante es la "Tasa Específica de Absorción" (TAE, o SAR por sus siglas en inglés) que se relaciona con la energía absorbida por el cuerpo humano. Una TAE de 4 W/Kg se considera dentro de los márgenes en los que el organismo humano dispone de mecanismos de autorregulación de la temperatura corporal.

La normativa establece la relación entre la TAE o SAR y el nivel de densidad de potencia del campo electromagnético, que se mide en W/m^2 o mW/cm^2



¿Existe alguna evidencia científica de que las emisiones radioeléctricas que cumplan la normativa, puedan ser perjudiciales para la salud?

No existe evidencia científica de que la exposición a campos electromagnéticos tengan efectos perjudiciales para la salud, siempre que se asegure que se respetan los límites máximos establecidos en la normativa.



¿Es necesario instalar las estaciones base en lo alto de los edificios?

Para conseguir suficiente cobertura, las antenas de las estaciones base deben situarse en puntos relativamente altos en relación al entorno que las rodea, debiendo haber suficientes estaciones base para que puedan comunicar a la vez muchos usuarios. Esto obliga, en zonas urbanas, a instalar las estaciones base en las azoteas de los edificios.



¿No podrían alejarse las estaciones base de los núcleos urbanos?

La concentración de antenas en uno o varios puntos fuera de los núcleos urbanos requiere la realización de estudios de cobertura y analizar las condiciones resultantes en cuanto a las emisiones radioeléctricas en el entorno inmediato a la ubicación de las antenas (potencia radiada, efecto acumulativo de las radiaciones de las antenas adyacentes, cumplimiento de los niveles de referencia establecidos en las normativas aplicables sobre seguridad para las personas, etc.), teniendo en cuenta que la reducción del número de estaciones-base de telefonía móvil desplegadas obliga a aumentar la potencia radiada por las estaciones base desde la ubicación única. No siempre resulta ser la mejor solución.

TOMADO DE LA PÁGINA WEB DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

<http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/index.html>

¿QUÉ SON LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS?

<ol style="list-style-type: none"> 1. Definiciones y fuentes 2. ¿Por qué son tan diferentes los diversos tipos de campos electromagnéticos? 3. ¿Qué diferencia hay entre los campos electromagnéticos no ionizantes y la radiación ionizante? 4. Campos electromagnéticos de frecuencias bajas 5. ¿En qué se diferencian los campos estáticos de los campos variables en el tiempo? 6. ¿Cuáles son las principales fuentes de campos de frecuencia baja, media y alta? 7. ¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos? 8. ¿Efectos biológicos o efectos sobre la salud? ¿Qué es un peligro para la salud? 9. Conclusiones de las investigaciones científicas 10. Campos electromagnéticos y cáncer 11. Hipersensibilidad a los campos electromagnéticos y depresión 12. Objetivos de las investigaciones actuales y futuras 13. Interpretación de los estudios epidemiológicos 14. La dificultad de descartar la posibilidad de riesgos muy pequeños 	<ol style="list-style-type: none"> 15. Futuros estudios 16. Niveles de fondo de campos electromagnéticos producidos por instalaciones de transmisión y distribución de electricidad 17. Intensidades de campo eléctrico típicas medidas cerca de electrodomésticos 18. Intensidades del campo magnético típicas de algunos electrodomésticos a diversas distancias 19. ¿Es realmente tan intensa la exposición a campos magnéticos en la vida cotidiana? 20. Normas actuales 21. Quién decide cuáles son los límites recomendados? 22. Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP 23. ¿En que se basan las directrices? 24. ¿Por qué es el factor de seguridad que se aplica para los límites de exposición ocupacional recomendados menor que el correspondiente a la población general? 25. ¿Cómo ponen en práctica las directrices y quién comprueba si se aplican? 26. ¿Son perjudiciales los niveles de exposición superiores a los límites recomendados? 27. Medidas de precaución 28. Protección de la salud pública 29. ¿Qué se debe hacer mientras continúan las investigaciones?
--	---

Campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: entre más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta. **Campos magnéticos** tienen su origen en los corrientes eléctricos: un corriente más fuerte resulta en un campo más fuerte. Un campo eléctrico existe aun que no haya corriente. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de poder, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual. (Información que proviene de Electromagnetic Fields, publicado por la Oficina Regional de la OMS para Europa (1999).

Fuentes naturales de campos electromagnéticos

En el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano. Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse.

Fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre

Además de las fuentes naturales, en el espectro electromagnético hay también fuentes generadas por el hombre: Para diagnosticar la rotura de un hueso por un accidente deportivo, se utilizan los rayos X. La electricidad que surge de cualquier toma de corriente lleva asociados campos electromagnéticos de frecuencia baja. Además, diversos tipos de ondas de radio de frecuencia más alta se utilizan para transmitir información, ya sea por medio de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil.

[\[ir al menú\]](#)

Conceptos básicos sobre la longitud y frecuencia de las ondas

¿Por qué son tan diferentes los diversos tipos de campos electromagnéticos?

Una de las principales magnitudes que caracterizan un campo electromagnético (CEM) es su frecuencia, o la correspondiente longitud de onda. El efecto sobre el organismo de los diferentes campos electromagnéticos es función de su frecuencia. Podemos imaginar las ondas electromagnéticas como series de ondas muy uniformes que se desplazan a una velocidad enorme: la velocidad de la luz. La frecuencia simplemente describe el número de oscilaciones o ciclos por segundo, mientras que la expresión «longitud de onda» se refiere a la distancia entre una onda y la siguiente. Por consiguiente, la longitud de onda y la frecuencia están inseparablemente ligadas: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.

El concepto se puede ilustrar mediante una analogía sencilla. Ate una cuerda larga al pomo de una puerta y sujete el extremo libre. Si lo mueve lentamente arriba y abajo generará una única onda de gran tamaño; un movimiento más rápido generará numerosas ondas pequeñas. La longitud de la cuerda no varía, por lo que cuantas más ondas genere (mayor frecuencia), menor será la distancia entre las mismas (menor longitud de onda).

[\[ir al menú\]](#)

¿Qué diferencia hay entre los campos electromagnéticos no ionizantes y la radiación ionizante?

La longitud de onda y la frecuencia determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las ondas electromagnéticas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. Los cuantos de luz de ondas con frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas). Algunas ondas electromagnéticas transportan tanta energía por cuanto de luz que son capaces de romper los enlaces entre las moléculas. De las radiaciones que componen el espectro electromagnético, los rayos gamma que emiten los materiales radioactivos, los rayos cósmicos y los rayos X tienen esta capacidad y se conocen como «radiación ionizante». Las radiaciones compuestas por cuantos de luz sin energía suficiente para romper los enlaces moleculares se conocen como «radiación no ionizante». Las fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre que constituyen una parte fundamental de las sociedades industriales (la electricidad, las microondas y los campos de radiofrecuencia) están en el extremo del espectro electromagnético correspondiente a longitudes de onda relativamente largas y frecuencias bajas y sus cuantos no son capaces de romper enlaces químicos.

[\[ir al menú\]](#)

Campos electromagnéticos de frecuencias bajas

En presencia de una carga eléctrica positiva o negativa se producen campos eléctricos que ejercen fuerzas sobre las otras cargas presentes en el campo. La intensidad del campo eléctrico se mide en voltios por metro (V/m). Cualquier conductor eléctrico cargado genera un campo eléctrico asociado, que está presente aunque no fluya la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la tensión, más intenso será el campo eléctrico a una determinada distancia del conductor.

Los campos eléctricos son más intensos cuanto menor es la distancia a la carga o conductor cargado que los genera y su intensidad disminuye rápidamente al aumentar la distancia. Los materiales conductores, como los metales, proporcionan una protección eficaz contra los campos magnéticos. Otros materiales, como los materiales de construcción y los árboles, presentan también cierta capacidad protectora. Por consiguiente, las paredes, los edificios y los árboles reducen la intensidad de los campos eléctricos de las líneas de conducción eléctrica situadas en el exterior de las casas. Cuando las líneas de conducción eléctrica están enterradas en el suelo, los campos eléctricos que generan casi no pueden detectarse en la superficie.

Los campos magnéticos se originan por el movimiento de cargas eléctricas. La intensidad de los campos magnéticos se mide en amperios por metro (A/m), aunque en las investigaciones sobre campos electromagnéticos los científicos utilizan más frecuentemente una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas, μT). Al contrario que los campos eléctricos, los campos magnéticos sólo aparecen cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente. Cuanto mayor sea la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad del campo magnético.

Al igual que los campos eléctricos, los campos magnéticos son más intensos en los puntos cercanos a su origen y su intensidad disminuye rápidamente conforme aumenta la

distancia desde la fuente. Los materiales comunes, como las paredes de los edificios, no bloquean los campos magnéticos.

Campos eléctricos	Campos magnéticos
<ol style="list-style-type: none"> 1. La fuente de los campos magnéticos es la tensión eléctrica. 2. Su intensidad se mide en voltios por metro (V/m). 3. Puede existir un campo eléctrico incluso cuando el aparato eléctrico no está en marcha. 4. La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. 5. La mayoría de los materiales de construcción protegen en cierta medida de los campos eléctricos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica. 2. Su intensidad se mide en amperios por metro (A/m). Habitualmente, los investigadores de CEM utilizan una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas (μT) o militeslas (mT)). 3. Los campos magnéticos se originan cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente. 4. La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. 5. La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos.

Campos

eléctricos

Al enchufar un cable eléctrico en una toma de corriente se generan campos eléctricos en el aire que rodea al aparato eléctrico. Cuanto mayor es la tensión, más intenso es el campo eléctrico producido. Como puede existir tensión aunque no haya corriente eléctrica, no es necesario que el aparato eléctrico esté en funcionamiento para que exista un campo eléctrico en su entorno. (Por gentileza de la National Radiological Protection Board, Junta nacional de protección radiológica del Reino Unido)< b>

Los campos magnéticos se generan únicamente cuando fluye la corriente eléctrica. En este caso, coexisten en el entorno del aparato eléctrico campos magnéticos y eléctricos. Cuanto mayor es la intensidad de la corriente, mayor es la intensidad del campo magnético. La transmisión y distribución de electricidad se realiza a tensión alta, mientras que en el hogar se utilizan tensiones bajas. Las tensiones de los equipos de transmisión de electricidad varían poco de unos días a otros; la corriente de las líneas de transmisión varía en función del consumo eléctrico.

Los campos eléctricos existentes en torno al cable de un electrodoméstico sólo desaparecen cuando éste se desenchufa o se desconecta de la toma de corriente, aunque no desaparecerán los campos eléctricos del entorno del cable situado en el interior de la pared que alimenta al enchufe.

[\[ir al menú\]](#)

¿En qué se diferencian los campos estáticos de los campos variables en el tiempo?

Un campo estático es el que no varía en el tiempo. Una corriente continua (DC, en inglés) es una corriente eléctrica que fluye siempre en el mismo sentido. En cualquier aparato eléctrico alimentado con pilas fluye corriente de la pila al aparato y de éste a la pila, generándose un campo magnético estático. El campo magnético terrestre es también un campo estático, así como el campo magnético que rodea a una barra imantada, el cual puede visualizarse por medio del dibujo que se forma cuando se espolvorean limaduras de hierro en torno a la barra.

En cambio, las corrientes alternas (AC, en inglés) forman campos electromagnéticos variables en el tiempo. Las corrientes alternas invierten su sentido de forma periódica. En la mayoría de los países de Europa la corriente alterna cambia de sentido con una frecuencia de 50 ciclos por segundo, o 50 Hz (hertz o hertzios) y, de forma correspondiente, el campo electromagnético asociado cambia de orientación 50 veces cada segundo. La frecuencia de la corriente eléctrica en los países de América del Norte es de 60 Hz.

[\[ir al menú\]](#)

¿Cuáles son las principales fuentes de campos de frecuencia baja, media y alta?

Los campos electromagnéticos variables en el tiempo que producen los aparatos eléctricos son un ejemplo de campos de frecuencia extremadamente baja (FEB, o ELF, en inglés), con frecuencias generalmente de hasta 300 Hz. Otras tecnologías producen campos de frecuencia intermedia (FI), con frecuencias de 300 Hz a 10 MHz, y campos de radiofrecuencia (RF), con frecuencias de 10 MHz a 300 GHz. Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el organismo no sólo dependen de su intensidad sino también de su frecuencia y energía. Las principales fuentes de campos de FEB son la red de suministro eléctrico y todos los aparatos eléctricos; las pantallas de computadora, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad son las principales fuentes de campos de FI y las principales fuentes de campos de RF son la radio, la televisión, las antenas de radares y teléfonos celulares y los hornos de microondas. Estos campos inducen corrientes en el organismo que, dependiendo de su amplitud y frecuencia, pueden producir diversos efectos como calentamiento y sacudidas eléctricas. (No obstante, para producir estos efectos, los campos exteriores al organismo deben ser muy intensos, mucho más que los presentes habitualmente en el medio.)

Campos electromagnéticos de frecuencias altas

Los teléfonos móviles, la televisión y los transmisores de radio y radares producen campos de RF. Estos campos se utilizan para transmitir información a distancias largas y son la base de las telecomunicaciones, así como de la difusión de radio y televisión en todo el mundo. Las microondas son campos de RF de frecuencias altas, del orden de GHz. En los hornos de microondas, utilizamos estos campos para el calentamiento rápido de alimentos.

En las frecuencias de radio, los campos eléctricos y magnéticos están estrechamente relacionados y sus niveles se miden normalmente por la densidad de potencia, en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

Puntos clave:

- El espectro electromagnético abarca tanto fuentes de campos electromagnéticos naturales como fuentes generadas por el hombre.
- Un campo electromagnético se caracteriza mediante su frecuencia o su longitud de onda. En una onda electromagnética, estas dos características están directamente relacionadas entre sí: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.
- La radiación ionizante, como los rayos X y rayos gamma, contiene fotones con energía suficiente para romper enlaces moleculares. Los fotones de las ondas electromagnéticas de frecuencias de red y de radio son mucho menos energéticos y no tienen esa capacidad.
- Los campos eléctricos se generan en presencia de una carga eléctrica y su intensidad se mide en voltios por metro (V/m). Los campos magnéticos se originan por la corriente eléctrica. Sus densidades de flujo se miden en μT (microtesla) o mT (militesla).
- En las frecuencias de radio y de microondas, los campos eléctricos y magnéticos se consideran, conjuntamente, como los dos componentes de una onda electromagnética. La intensidad de estos campos se describe mediante la densidad de potencia, medida en vatios por metro cuadrado (W/m^2).
- Las ondas electromagnéticas de frecuencia baja y frecuencia alta afectan al organismo de formas diferentes.
- Las redes de distribución eléctrica y los aparatos eléctricos son las fuentes más comunes de campos eléctricos y magnéticos de frecuencia baja del entorno cotidiano. Las fuentes habituales de campos electromagnéticos de radiofrecuencia son las telecomunicaciones, las antenas de radiodifusión y los hornos de microondas.

[\[ir al menú\]](#)

¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?

La exposición a campos electromagnéticos no es un fenómeno nuevo. Sin embargo, en el siglo XX la exposición ambiental ha aumentado de forma continua conforme la creciente demanda de electricidad, el constante avance de las tecnologías y los cambios en los hábitos sociales han generado más y más fuentes artificiales de campos electromagnéticos. Todos estamos expuestos a una combinación compleja de campos eléctricos y magnéticos débiles, tanto en el hogar como en el trabajo, desde los que producen la generación y transmisión de electricidad, los electrodomésticos y los equipos industriales, a los producidos por las telecomunicaciones y la difusión de radio y televisión.

En el organismo se producen corrientes eléctricas minúsculas debidas a las reacciones químicas de las funciones corporales normales, incluso en ausencia de campos eléctricos externos. Por ejemplo, los nervios emiten señales mediante la transmisión de impulsos eléctricos. En la mayoría de las reacciones bioquímicas, desde la digestión a las actividades cerebrales, se produce una reorganización de partículas cargadas. Incluso el corazón presenta actividad eléctrica, que los médicos pueden detectar mediante los electrocardiogramas.

Los **campos eléctricos de frecuencia baja** influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie. Provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo.

Los campos magnéticos de frecuencia baja inducen corrientes circulantes en el organismo. La intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

Tanto los campos eléctricos como los magnéticos inducen tensiones eléctricas y corrientes en el organismo, pero incluso justo debajo de una línea de transmisión de electricidad de alta tensión las corrientes inducidas son muy pequeñas comparadas con los umbrales para la producción de sacudidas eléctricas u otros efectos eléctricos.

El principal efecto biológico de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento. Este fenómeno se utiliza en los hornos de microondas para calentar alimentos. 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. Las directrices actuales se basan en el efecto calefactor de las ondas de radio. Los científicos están investigando también la posibilidad de que existan efectos debidos a la exposición a largo plazo a niveles inferiores al umbral para el calentamiento del organismo. Hasta la fecha, no se han confirmado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad de frecuencia de radio o de frecuencia de red, pero los científicos continúan investigando activamente en este terreno.

[\[ir al menú\]](#)

¿Efectos biológicos o efectos sobre la salud? ¿Qué es un peligro para la salud?

Los efectos biológicos son respuestas mensurables a un estímulo o cambio en el medio. Estos cambios no son necesariamente perjudiciales para la salud. Por ejemplo, escuchar música, leer un libro, comer una manzana o jugar al tenis son actividades que producen diversos efectos biológicos. No obstante, no esperamos que ninguna de estas actividades produzca efectos sobre la salud. El organismo dispone de mecanismos complejos que le permiten ajustarse a las numerosas y variadas influencias del medio en el que vivimos. El cambio continuo es forma parte de nuestra vida normal, pero, desde luego, el organismo no posee mecanismos adecuados para compensar todos los efectos biológicos. Los cambios irreversibles y que fuerzan el sistema durante períodos largos pueden suponer un peligro para la salud.

Un efecto perjudicial para la salud es el que ocasiona una disfunción detectable de la salud de las personas expuestas o de sus descendientes; por el contrario, un efecto biológico puede o no producir un efecto perjudicial para la salud.

No se pone en cuestión que por encima de determinados umbrales los campos electromagnéticos puedan desencadenar efectos biológicos. Según experimentos realizados con voluntarios sanos, la exposición a corto plazo a los niveles presentes en el medio ambiente o en el hogar no producen ningún efecto perjudicial manifiesto. La

exposición a niveles más altos, que podrían ser perjudiciales, está limitada por directrices nacionales e internacionales. La controversia que se plantea actualmente se centra en si bajos niveles de exposición a largo plazo pueden o no provocar respuestas biológicas e influir en el bienestar de las personas.

Preocupación de la sociedad por los efectos sobre la salud

Un vistazo a los titulares de las noticias de los últimos años permite hacerse una idea de los diversos aspectos que preocupan a la sociedad. En el transcurso de la última década, se han planteado dudas relativas a los efectos sobre la salud de numerosas fuentes de campos electromagnéticos, como las líneas de conducción eléctrica, los hornos de microondas, las pantallas de computadora y de televisión, los dispositivos de seguridad, los radares y, más recientemente, los teléfonos móviles y sus estaciones base.

El Proyecto Internacional CEM

El Proyecto internacional CEM. En respuesta a la creciente preocupación de la sociedad por los posibles efectos sobre la salud de la exposición a un número y variedad creciente de fuentes de campos electromagnéticos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) inició en 1996 un gran proyecto de investigación multidisciplinar. El Proyecto Internacional sobre campos electromagnéticos o «Proyecto Internacional CEM» reúne los conocimientos y recursos disponibles actuales de organismos e instituciones científicas clave internacionales y nacionales.

Conclusiones de las investigaciones científicas

En los últimos 30 años, se han publicado aproximadamente 25.000 artículos sobre los efectos biológicos y aplicaciones médicas de la radiación no ionizante. A pesar de que algunas personas piensan que se necesitan más investigaciones, los conocimientos científicos en este campo son ahora más amplios que los correspondientes a la mayoría de los productos químicos. Basándose en una revisión profunda de las publicaciones científicas, la OMS concluyó que los resultados existentes no confirman que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad produzca ninguna consecuencia para la salud. Sin embargo, los conocimientos sobre los efectos biológicos presentan algunas lagunas que requieren más investigaciones.<> Algunas personas han atribuido un conjunto difuso de síntomas a la exposición de baja intensidad a campos electromagnéticos en el hogar. Los síntomas notificados incluyen dolores de cabeza, ansiedad, suicidios y depresiones, náuseas, fatiga y pérdida de la libido. Hasta la fecha, las pruebas científicas no apoyan la existencia de una relación entre estos síntomas y la exposición a campos electromagnéticos. Al menos algunos de estos problemas sanitarios pueden deberse al ruido o a otros factores del medio, o a la ansiedad relacionada con la presencia de tecnologías nuevas.

Efectos sobre el embarazo

La OMS y otros organismos han evaluado numerosas fuentes y exposiciones diferentes a campos electromagnéticos en el entorno cotidiano y de trabajo, como las pantallas de computadora, colchones de agua y mantas eléctricas, equipos de soldadura por corrientes de radiofrecuencia, equipos de diatermia, y radares. El conjunto de los resultados demuestra que la exposición a los niveles típicos de los campos del medio no aumenta el

riesgo de desenlaces adversos 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 campos electromagnéticos, como informes sobre partos prematuros y con peso reducido de trabajadoras de la industria electrónica, pero la comunidad científica no ha considerado que estos efectos estén necesariamente ocasionados por la exposición a campos electromagnéticos (frente a la influencia de factores como la exposición a disolventes).

Cataratas

Se ha informado de casos de irritación ocular general y cataratas en trabajadores expuestos a niveles altos de radiación de radiofrecuencia y microondas, pero 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. No hay pruebas de que se produzcan estos efectos a los niveles a los que está expuesta la población general.

Campos electromagnéticos y cáncer

A pesar de los numerosos estudios realizados, la existencia o no de efectos cancerígenos es muy controvertida. En cualquier caso, es evidente que si los campos electromagnéticos realmente producen algún efecto de aumento de riesgo de cáncer, el efecto será extremadamente pequeño. Los resultados obtenidos hasta la fecha presentan numerosas contradicciones, pero no se han encontrado incrementos grandes del riesgo de ningún tipo de cáncer, ni en niños ni en adultos.

Algunos estudios epidemiológicos sugieren que existen pequeños incrementos del riesgo de leucemia infantil asociados a la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia en el hogar. Sin embargo, los científicos no han deducido en general de estos resultados la existencia de una relación causa-efecto entre la exposición a los campos electromagnéticos y la enfermedad, sino que se ha planteado la presencia en los estudios de efectos artificiosos o no relacionados con la exposición a campos electromagnéticos. Esta conclusión se ha alcanzado, en parte, porque los estudios con animales y de laboratorio no demuestran que existan efectos reproducibles coherentes con la hipótesis de que los campos electromagnéticos causen o fomenten el cáncer. Se están realizando actualmente estudios de gran escala en varios países que podrían ayudar a esclarecer estas cuestiones.

Hipersensibilidad a los campos electromagnéticos y depresión

Algunas personas afirman ser "hipersensibles" a los campos eléctricos o magnéticos. Preguntan si los dolores, cefaleas, depresión, letargo, alteraciones del sueño e incluso convulsiones y crisis epilépticas pueden estar asociados con la exposición a campos electromagnéticos.

Hay escasa evidencia científica que apoye la posible existencia de casos de hipersensibilidad a los campos electromagnéticos. Estudios recientes realizados en países escandinavos han comprobado que, en condiciones adecuadamente controladas de exposición a campos electromagnéticos, no se observan pautas de reacción coherentes en los sujetos expuestos. Tampoco existe ningún mecanismo biológico

aceptado que explique la hipersensibilidad. La investigación en este campo es difícil porque, además de los efectos directos de los propios campos electromagnéticos, pueden intervenir muchas otras respuestas subjetivas. Están en curso más estudios sobre esta cuestión.

[\[ir al menú\]](#)

Objetivos de las investigaciones actuales y futuras

Se están empleando actualmente grandes esfuerzos de investigación destinados al estudio de la relación entre los campos electromagnéticos y el cáncer. Están en curso estudios en busca de posibles efectos cancerígenos (que producen cáncer) de los campos de frecuencia de la red eléctrica, aunque menos intensos que los realizados a finales de los 90.

Otro objetivo de investigación de numerosos estudios actualmente son los efectos sobre la salud, a largo plazo, de la utilización de teléfonos móviles. No se ha descubierto ningún efecto perjudicial manifiesto de la exposición a niveles bajos de campos de radiofrecuencia. Sin embargo, debido a la preocupación de la sociedad por la seguridad de los teléfonos celulares, investigaciones adicionales intentan determinar si podrían producirse efectos menos evidentes a niveles de exposición muy bajos.

Puntos clave

- Existe una amplia gama de influencias del medio que producen efectos biológicos. La expresión «efecto biológico» no es equivalente a «peligro para la salud». Se necesitan investigaciones especiales 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.
- El principal efecto de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento de los tejidos del organismo.
- 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, de la exposición a campos electromagnéticos de intensidades inferiores a las necesarias para desencadenar respuestas biológicas inmediatas.
- El Proyecto Internacional CEM de la OMS se inició para responder con rigor científico y de forma objetiva a las preocupaciones de la sociedad por los posibles peligros de los campos electromagnéticos de baja intensidad.
- A pesar de las abundantes investigaciones realizadas, hasta la fecha no hay pruebas que permitan concluir que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad sea perjudicial para la salud de las personas.
- Las investigaciones internacionales se centran en el estudio de posibles relaciones entre el cáncer y los campos electromagnéticos, a frecuencias de radio y de red eléctrica.

Progresos de las investigaciones

Si los campos electromagnéticos constituyen un peligro para la salud, las consecuencias afectarán a todos los países industrializados. La sociedad exige respuestas concretas a la cuestión, cada vez más apremiante, de si los campos electromagnéticos a los que estamos expuestos de forma cotidiana producen o no efectos perjudiciales para la salud. Frecuentemente, los medios de comunicación ofrecen respuestas que parecen definitivas. Sin embargo, estas noticias se deben juzgar con cautela y se debe tener en cuenta que la educación no es el principal objetivo de los medios de comunicación. Un periodista puede seleccionar una noticia e informar sobre la misma impulsado por diversos motivos no relacionados con aspectos técnicos; los periodistas compiten entre sí por obtener tiempo y espacio en los medios de comunicación y las revistas y periódicos compiten por aumentar la circulación de sus productos. Los titulares novedosos y sensacionalistas que interesan al mayor número de personas posible les ayudan a alcanzar estos objetivos; las malas noticias no son sólo las más llamativas, sino a menudo las únicas de las que nos enteramos. Se presta poca, o ninguna, atención a los numerosos estudios que indican que los campos electromagnéticos son inofensivos. La ciencia no puede aún garantizar una seguridad absoluta, pero las investigaciones realizadas son, en su conjunto, tranquilizantes.

Se necesitan diferentes tipos de estudios

Para evaluar un posible efecto perjudicial para la salud de los campos electromagnéticos, es esencial realizar un conjunto de estudios diversos en diferentes campos de investigación. Los diferentes tipos de estudios investigan diversos aspectos del problema. El objetivo de los estudios de laboratorio con células es elucidar los mecanismos básicos subyacentes que relacionan la exposición a campos electromagnéticos con los efectos biológicos. Estos estudios pretenden identificar mecanismos basados en los cambios moleculares o celulares que produce el campo electromagnético que ofrecerían pistas sobre cómo se transforma una fuerza física en una acción biológica en el organismo. En estos estudios, las células individuales o tejidos estudiados se retiran de su medio vital normal, lo que puede desactivar posibles mecanismos de compensación. Otro tipo de estudios, realizados con animales, está más estrechamente relacionado con las condiciones reales. Estos estudios proporcionan resultados que son más directamente pertinentes para determinar niveles de exposición seguros para las personas y frecuentemente estudian diversas intensidades de los campos electromagnéticos para investigar las relaciones entre dosis y respuesta.

Los estudios epidemiológicos o estudios médicos con personas son otra fuente directa de información sobre los efectos a largo plazo de la exposición. Estos estudios investigan la causa y distribución de las enfermedades en las condiciones reales, por comunidades y grupos profesionales. Los investigadores tratan de determinar si existe una asociación de tipo estadístico entre la exposición a campos electromagnéticos y la incidencia de una determinada enfermedad o efecto perjudicial para la salud. Sin embargo, los estudios epidemiológicos son costosos y, lo que es más importante, estudian poblaciones de composición muy compleja, por lo que son difíciles de controlar con suficiente precisión para detectar efectos pequeños. Por estos motivos, antes de alcanzar conclusiones sobre posibles peligros para la salud, los científicos evalúan todos los resultados de interés, incluidos los de estudios epidemiológicos y los de estudios con animales y con células.

[\[ir al menú\]](#)

Interpretación de los estudios epidemiológicos

Los estudios epidemiológicos no pueden normalmente determinar por sí mismos la existencia de una relación clara entre causa y efecto, principalmente porque sólo detectan asociaciones estadísticas entre los niveles de exposición y determinada enfermedad, que puede o no deberse a la exposición. Imagínese un estudio hipotético que demuestre que existe una relación entre la exposición a campos electromagnéticos de los electricistas de la empresa «ElectriX» y un incremento del riesgo de cáncer. Aunque se observe una asociación estadística, ésta podría deberse también a la ausencia de información sobre otros factores del lugar de trabajo. Por ejemplo, es posible que los electricistas hayan estado expuestos a disolventes químicos potencialmente cancerígenos. Asimismo, una asociación estadística puede deberse únicamente a efectos aleatorios, o el propio estudio puede no haber sido diseñado correctamente.

En consecuencia, la detección de una asociación entre un agente y una determinada enfermedad no significa necesariamente que el agente sea la causa de la enfermedad. Para determinar la causalidad, los investigadores deben tener en cuenta numerosos factores. Los argumentos a favor de una relación de tipo causa y efecto se ven reforzados si existe una asociación persistente y fuerte entre la exposición y el efecto, una relación clara entre dosis y respuesta, una explicación biológica creíble, resultados favorables de estudios pertinentes con animales y, sobre todo, coherencia entre los diferentes estudios. Estos factores no han estado generalmente presentes en los estudios sobre la relación entre los campos electromagnéticos y el cáncer. Este es uno de los principales motivos por los que los científicos se han resistido generalmente a concluir que los campos electromagnéticos débiles produzcan efectos sobre la salud.

[\[ir al menú\]](#)

La dificultad de descartar la posibilidad de riesgos muy pequeños

Según Barnabas Kunsch, del centro de investigación austríaco de Seibersdorf (Austrian Research Centre Seibersdorf), «En la sociedad moderna, la ausencia de pruebas de los efectos perjudiciales no parece ser suficiente. Al contrario, cada vez se reclama con mayor insistencia que se demuestre la inexistencia de estos efectos». En las conclusiones alcanzadas por comités de expertos que han examinado la cuestión son típicas frases como: «No existen pruebas convincentes de que los campos electromagnéticos produzcan efectos perjudiciales para la salud» o «No se ha confirmado la existencia de una relación de causa y efecto entre los campos electromagnéticos y el cáncer». Puede dar la impresión de que los científicos tratan de evitar responder a la cuestión. Si los científicos ya han demostrado que no hay ningún efecto, ¿por qué se debe continuar investigando?

La respuesta es sencilla: los estudios médicos con personas identifican muy eficazmente efectos grandes, como la relación entre el consumo de tabaco y el cáncer; desgraciadamente, no pueden distinguir tan fácilmente los efectos pequeños de la ausencia de efecto. Si los niveles de los campos electromagnéticos típicos del medio fueran cancerígenos potentes, ya se hubiera demostrado fácilmente este efecto. Por el contrario, es mucho más difícil demostrar si los campos electromagnéticos de intensidad baja tienen un efecto cancerígeno débil, o si son muy cancerígenos para un grupo pequeño de personas del conjunto de la población. De hecho, incluso si un estudio a gran

escala no muestra la existencia de una asociación, no podemos estar completamente seguros de que no exista una relación. La ausencia de un efecto en los estudios podría significar que verdaderamente el efecto no existe, pero también podría significar sencillamente que el efecto no es detectable con el método de medición utilizado. Por consiguiente, los resultados negativos son generalmente menos convincentes que los resultados positivos claros.

La situación más difícil de todas, que, desgraciadamente, se ha producido en los estudios epidemiológicos sobre campos electromagnéticos, es la existencia de un conjunto de estudios con resultados positivos poco contundentes y que, sin embargo, no son coherentes entre sí. En esta situación, es probable que los propios científicos no se pongan de acuerdo sobre las conclusiones que deben extraerse de los datos. No obstante, por los motivos explicados antes, la mayoría de los científicos y de los médicos opinan de que los posibles efectos sobre la salud, si existen, de campos electromagnéticos de intensidad baja son probablemente muy pequeños comparados con otros riesgos para la salud a los que se enfrentan las personas de forma cotidiana.

[\[ir al menú\]](#)

Futuros estudios

El principal objetivo del Proyecto Internacional CEM de la OMS es iniciar y coordinar investigaciones en todo el mundo destinadas a obtener una respuesta bien fundamentada a las preocupaciones de la sociedad. Esta evaluación integrará los resultados de estudios con células, estudios con animales y estudios médicos con personas para permitir una evaluación lo más completa posible de los riesgos para la salud. Una evaluación integral de diversos estudios pertinentes y fiables proporcionará la respuesta más fiable posible sobre los efectos perjudiciales para la salud, si existen, de la exposición a largo plazo a campos electromagnéticos débiles.

Una forma de ilustrar la necesidad de disponer de pruebas de diferentes tipos de experimentos es establecer una analogía con un crucigrama. Para determinar la solución del crucigrama con CERTIDUMBRE absoluta debemos responder a nueve preguntas. Si sólo podemos contestar a tres, es posible que podamos adivinar la solución; sin embargo, las tres letras dadas pueden también formar parte de otra palabra muy diferente. Cada respuesta adicional aumentará la confianza que ponemos en la solución propuesta. De hecho, la ciencia probablemente nunca pueda llegar a responder a todas las preguntas, pero cuantas más pruebas concluyentes obtengamos, más seguros estaremos de alcanzar la solución verdadera.

Puntos clave

- El objetivo de los estudios de laboratorio con células es determinar si existe un mecanismo que explique el modo en que la exposición a campos electromagnéticos pudiera ocasionar efectos biológicos perjudiciales. Los estudios con animales son fundamentales para determinar si existen efectos en organismos superiores cuya fisiología se parece en cierto modo a la del ser humano. Los estudios epidemiológicos buscan asociaciones estadísticas entre la exposición a campos electromagnéticos y la incidencia de efectos específicos perjudiciales para la salud en seres humanos.

- La detección de una asociación estadística entre un agente y una determinada enfermedad no significa necesariamente que el agente sea la causa de la enfermedad.
- La ausencia de efectos sobre la salud podría significar que realmente no existen; no obstante, podría también significar que existe un efecto pero no se puede detectar con los métodos actuales.
- Antes de sacar conclusiones sobre posibles riesgos para la salud causados por la presencia en el medio de presuntos agentes peligrosos, se deben tener en cuenta los resultados de diversos estudios (con células, con animales y epidemiológicos). Si los resultados de estos estudios de muy diverso tipo son coherentes, aumentará la certidumbre sobre la existencia verdadera de un efecto.

[\[ir al menú\]](#)

Niveles de exposición típicos en el hogar y en el medio ambiente

Campos electromagnéticos en el hogar

Niveles de fondo de campos electromagnéticos producidos por instalaciones de transmisión y distribución de electricidad

La transmisión de electricidad a larga distancia se realiza mediante líneas eléctricas de alta tensión. Estas tensiones altas se reducen mediante transformadores para la distribución local a hogares y empresas. Las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad y el cableado y aparatos eléctricos domésticos generan el nivel de fondo de campos eléctricos y magnéticos de frecuencia de red en el hogar. En los hogares que no están situados cerca de líneas de conducción eléctrica la intensidad de este campo de fondo puede ser hasta alrededor de 0,2 μT . Los campos de los lugares situados directamente bajo las líneas de conducción eléctrica son mucho más intensos. Las densidades de flujo magnético a nivel del suelo pueden ser del orden de hasta varios μT . La intensidad del campo eléctrico bajo las líneas de conducción eléctrica puede ser de hasta 10 kV/m. Sin embargo, la intensidad de los campos (eléctricos y magnéticos) se reduce al aumentar la distancia a las líneas eléctricas. A entre 50 m y 100 m de distancia la intensidad de los campos es normalmente equivalente a la de zonas alejadas de las líneas eléctricas de alta tensión. Además, las paredes de las casas reducen substancialmente la intensidad de campo eléctrico con respecto a la existente en lugares similares en el exterior de las casas.

Aparatos eléctricos en el hogar

Los campos eléctricos de frecuencia de red más intensos presentes normalmente en el entorno son los de los lugares situados bajo las líneas de transmisión de alta tensión. Por el contrario, los campos magnéticos de frecuencia de red más intensos se encuentran normalmente en puntos muy cercanos a motores y otros aparatos eléctricos, así como en equipos especializados como escáneres de resonancia magnética utilizados para generar imágenes para el diagnóstico médico.

[\[ir al menú\]](#)

Intensidades de campo eléctrico típicas medidas cerca de electrodomésticos (a una distancia de 30 cm) Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999.

Electrodoméstico	Intensidad del campo eléctrico (V/m)
Receptor estereofónico	180
Hierro	120
Frigorífico	120
Batidora	100
Tostadora	80
Secador de pelo	80
Televisor de color	60
Cafetera eléctrica	60
Aspiradora	50
Horno eléctrico	8
Bombilla	5
Valor límite recomendado	5000

Muchas personas se sorprenden cuando reparan en la diversidad de las intensidades de los campos magnéticos presentes en el entorno de diversos aparatos eléctricos. La intensidad del campo no depende del tamaño, complejidad, potencia o ruido que hace el electrodoméstico. Además, las intensidades de los campos magnéticos pueden ser muy diversas, incluso entre aparatos aparentemente similares. Por ejemplo, algunos secadores de pelo generan campos muy intensos, mientras que otros apenas producen campo magnético alguno. Estas diferencias de intensidad del campo magnético están relacionadas con el diseño del producto. El siguiente cuadro muestra valores típicos correspondientes a diversos aparatos eléctricos comunes en los hogares y lugares de trabajo. Las mediciones se tomaron en Alemania y todos los aparatos funcionan con electricidad a 50 Hz de frecuencia. Debe señalarse que los niveles de exposición efectivos varían considerablemente dependiendo del modelo de electrodoméstico y de la distancia al mismo.

[\[ir al menú\]](#)

Intensidades del campo magnético típicas de algunos electrodomésticos a diversas distancias

Aparato eléctrico	A una distancia de 3 cm (μT)	A una distancia de 30 cm (μT)	A una distancia de 1 m (μT)
Secador de pelo	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Máquina de afeitar eléctrica	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Aspiradora	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Luz fluorescente	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Horno de microondas	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Radio portátil	16 – 56	1	< 0,01
Horno eléctrico	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Lavadora	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Hierro	8 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,03
>Lavavajillas	3,5 – 20	0,6 – 3	0,07 – 0,3
Computadora	0,5 – 30	< 0,01	
Frigorífico	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	<0,01
Televisor de color	2,5 - 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15

En la mayoría de los electrodomésticos, la intensidad del campo magnético a una distancia de 30 cm es considerablemente inferior al límite recomendado para el conjunto de la población de 100 μT .

Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999. (La distancia de operación normal se indica en negrita.)

El cuadro ilustra dos puntos importantes: En primer lugar, la intensidad del campo magnético que rodea a todos los aparatos disminuye rápidamente conforme nos alejamos del mismo. En segundo lugar, la mayoría de los electrodomésticos no se utilizan a una distancia muy cercana al cuerpo. A una distancia de 30 cm, los campos magnéticos que generan la mayoría de los electrodomésticos son más de 100 veces menores que el límite recomendado establecido para el conjunto de la población (100 μT a 50 Hz, o 83 μT a 60 Hz).

Televisores y pantallas de computadora

Las pantallas de computadora y televisores se basan en principios de funcionamiento similares. Ambos producen campos eléctricos estáticos y campos eléctricos y magnéticos alternos a diversas frecuencias. Sin embargo, las pantallas de cristal líquido que se utilizan en algunas computadoras portátiles y de escritorio no generan campos eléctricos y magnéticos significativos. Las computadoras modernas tienen pantallas conductoras que reducen el campo estático de la pantalla hasta un nivel similar al normal de fondo de los hogares o los lugares de trabajo. En la posición que ocupa el usuario (a 30 a 50 cm de la pantalla), la densidad de flujo (a frecuencias de red) de los campos magnéticos alternos

es típicamente inferior a $0,7 \mu\text{T}$. Las intensidades de los campos eléctricos alternos en las posiciones del usuario varían de menos de 1 V/m a 10 V/m .

Hornos de microondas

Los hornos de microondas domésticos funcionan a potencias muy altas. Sin embargo, disponen de una protección eficaz que reduce la fuga de radiación de los hornos hasta niveles casi indetectables. Además, la intensidad de las fugas de microondas se reduce de forma muy pronunciada al aumentar la distancia desde el horno. En muchos países, existen normas de fabricación que especifican los niveles máximos de fuga de radiación admisibles en hornos nuevos; un horno que cumpla dichas normas no supondrá peligro alguno para el consumidor.

Teléfonos portátiles

Los teléfonos portátiles funcionan a intensidades mucho menores que los teléfonos móviles. El motivo es que se utilizan a distancias muy próximas a su estación base, por lo que no necesitan campos intensos para transmitir a distancias grandes. Por consiguiente, los campos de radiofrecuencia que generan estos aparatos son despreciables.

Campos electromagnéticos en el medio ambiente

Radares

Los radares se utilizan para la navegación, la predicción meteorológica y para usos militares, entre otras diversas funciones. Emiten señales en forma de pulsos de microondas. La potencia máxima de cada pulso puede ser alta, aunque la potencia media sea pequeña. Muchos radares pueden girar o moverse arriba y abajo, lo que reduce la densidad de potencia media a la que están expuestas las personas en lugares cercanos a los radares. Incluso los radares militares de gran potencia, no giratorios, limitan la exposición en lugares de acceso público a niveles inferiores a los límites recomendados.

Sistemas de seguridad

Los sistemas antirrobo de las tiendas utilizan dispositivos que detectan bobinas eléctricas situadas en las salidas. Cuando compra un artículo, los marcadores se retiran o se desactivan de forma permanente. Los campos electromagnéticos de las bobinas generalmente no superan los límites de exposición recomendados. Los sistemas de control de accesos funcionan de la misma forma, incorporándose el dispositivo antirrobo a un llavero o a una tarjeta de identidad. Los sistemas de seguridad de las bibliotecas utilizan dispositivos que se pueden desactivar cuando se toma prestado un libro y volver a activar cuando se devuelve. Los detectores de metales y los sistemas de seguridad de los aeropuertos generan un campo magnético de gran intensidad (hasta $100 \mu\text{T}$) que sufre perturbaciones por la presencia de objetos metálicos. En puntos cercanos al marco del detector, la intensidad del campo magnético puede ser próxima, o en ocasiones superior, a los límites recomendados. No obstante, según se explica en la sección sobre límites recomendados, no constituye un peligro para la salud. (véase la sección titulada ¿Son perjudiciales los niveles de exposición superiores a los límites recomendados?)

Trenes y tranvías eléctricos

Los trenes de larga distancia tienen una o más locomotoras que están separadas de los vagones de pasajeros. En consecuencia, la principal fuente a la que se exponen los pasajeros es la fuente de alimentación eléctrica del tren. En los vagones de pasajeros de los trenes de larga distancia pueden existir campos magnéticos de varios cientos de μT cerca del suelo y de intensidades inferiores (decenas de μT) en otras partes del compartimento. Los campos eléctricos pueden alcanzar intensidades de 300 V/m. Las personas que viven en las inmediaciones de vías de ferrocarril pueden estar expuestas a campos magnéticos generados por la fuente de suministro eléctrico situada encima de las vías; dependiendo del país, pueden ser similares a los campos producidos por las líneas de conducción eléctrica de alta tensión.

Los motores y equipos de tracción de los trenes y tranvías normalmente están ubicados bajo el suelo de los vagones de pasajeros. A nivel del suelo, las intensidades de los campos magnéticos pueden alcanzar niveles de hasta decenas de μT en las partes del suelo situadas justamente encima de motor. La intensidad del campo disminuye drásticamente con la distancia al suelo, de manera que la exposición del tronco de los pasajeros es mucho menor.

Televisión y radio

¿No se ha preguntado alguna vez, al seleccionar una emisora de radio en el equipo de música de su casa, qué significan las conocidas siglas AM y FM? Las señales de radio se pueden describir como de modulación de amplitud (AM, en inglés) o de modulación de frecuencia (también llamada frecuencia modulada o por las siglas en inglés, FM) dependiendo de la forma de transmisión de la información. Las señales de radio de AM se pueden utilizar para la difusión a distancias muy largas, mientras que las ondas de FM abarcan zonas menores pero pueden proporcionar una mejor calidad de sonido.

Las señales de radio de AM se transmiten por medio de grandes baterías de antenas, que pueden tener alturas de decenas de metros, situadas en lugares inaccesibles para la población. Los niveles de exposición en lugares muy cercanos a las antenas y cables de alimentación pueden ser altos, pero afectan al personal de mantenimiento y no a la población general.

Las antenas de televisión y de radio en FM son mucho más pequeñas que las de AM y se montan en baterías de antenas situadas en lo alto de grandes torres que sirven únicamente como estructuras de soporte. La población puede acceder a la parte baja de estas torres porque los niveles de exposición cerca de la base son inferiores a los límites recomendados. En ocasiones, se montan en lo alto de edificios pequeñas antenas de televisiones y radios locales, en cuyo caso puede ser necesario controlar el acceso estas zonas.

Teléfonos móviles y estaciones base

Los teléfonos móviles nos permiten estar permanentemente localizables. Estos dispositivos de ondas de radio de baja potencia transmiten y reciben señales de una red de estaciones base de baja potencia fijas. Cada estación base proporciona cobertura a una zona determinada. Dependiendo del número de llamadas que gestionan, la distancia

entre las estaciones base pueden ser desde sólo unos pocos cientos de metros en las grandes ciudades a varios kilómetros en las zonas rurales.

Las estaciones base de telefonía móvil normalmente se instalan en lo alto de edificios o en torres, a alturas de entre 15 y 50 metros. Los niveles de las transmisiones desde una determinada estación base son variables y dependen del número de llamadas y de la distancia a la estación base de quienes emiten las llamadas. Las antenas emiten un haz muy estrecho de ondas de radio que se propaga de forma casi paralela al suelo. En consecuencia, al nivel del suelo y en regiones que normalmente son de acceso público las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados peligrosos. Sólo se superarían los niveles recomendados si una persona se acercara a menos de un metro o dos de las antenas. Hasta que los teléfonos móviles empezaron a usarse de forma generalizada, la población estaba expuesta principalmente a emisiones de radiofrecuencia de estaciones de radio y televisión. Incluso hoy en día, las torres de telefonía apenas aumentan el nivel de exposición total que experimentamos, ya que la intensidad de las señales en los lugares de acceso público es normalmente similar o inferior a la de las estaciones de radio y televisión distantes.

Sin embargo, el usuario de un teléfono móvil está expuesto a campos de radiofrecuencia mucho más intensos que los del entorno general. Los teléfonos móviles se utilizan a muy poca distancia de la cabeza; por lo tanto, en lugar de estudiar el efecto del calentamiento en todo el cuerpo, se debe determinar la distribución de la energía que absorbe la cabeza del usuario. Se ha calculado mediante complejos modelos y mediciones computarizados basados en modelos de cabezas que, al parecer, la energía absorbida procedente de un teléfono móvil no supera los límites actualmente recomendados.

Se han planteado también dudas sobre otros efectos, llamados «efectos no térmicos», producidos por la exposición a frecuencias de teléfonos móviles. Se ha sugerido que podrían producirse efectos sutiles sobre las células que podrían influir en el desarrollo del cáncer. También se ha planteado la hipótesis de posibles efectos sobre los tejidos excitables por estímulos eléctricos que podrían influir en la función del cerebro y los tejidos nerviosos. Sin embargo, según el conjunto de los datos disponibles hasta la fecha, no parece que el uso de teléfonos móviles produzca ningún efecto perjudicial sobre la salud de las personas.

[\[ir al menú\]](#)

¿Es realmente tan intensa la exposición a campos magnéticos en la vida cotidiana?

En los últimos años, las autoridades públicas de diversos países han realizado numerosas mediciones para estudiar los niveles de los campos electromagnéticos en el entorno cotidiano. Ninguno de estos estudios ha concluido que los niveles medidos puedan producir efectos perjudiciales para la salud.

La Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) midió recientemente la exposición diaria a campos magnéticos de unas 2000 personas con diversas ocupaciones y grados de exposición en lugares públicos. Todas las personas llevaron dosímetros personales durante las 24 horas. Los niveles de exposición medidos presentaron una gran variación, pero la exposición media diaria fue de 0,10 μT . Este valor es mil veces menor que el límite establecido para la población de 100 μT y 200

veces menor que el límite de exposición para trabajadores de 500 μT . Además, los niveles de exposición registrados por los habitantes de los centros de las ciudades indicaron que no existen en este sentido grandes diferencias entre la vida en zonas rurales y la vida en la ciudad. Incluso la exposición de las personas que viven en las inmediaciones de líneas de conducción eléctrica de alta tensión se diferencia muy poco de la exposición media de la población.

Puntos clave

- Los niveles de fondo de campos electromagnéticos en el hogar están producido principalmente por las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad o por aparatos eléctricos.
- Los diferentes aparatos eléctricos generan campos de intensidades muy diferentes. La intensidad de los campos eléctricos y magnéticos disminuye rápidamente con la distancia a los aparatos eléctricos. En cualquier caso, las intensidades de los campos del entorno de los electrodomésticos son habitualmente muy inferiores a los límites recomendados.
- En el lugar que ocupa el usuario, los campos eléctricos y magnéticos de los televisores y pantallas de computadora son cientos de miles de veces menores que los límites recomendados.
- Los hornos de microondas que cumplen las normas no son peligrosos para la salud.
- Si se limita el acceso público a lugares cercanos a las instalaciones de radares, antenas de radiodifusión y estaciones base de telefonía móvil, no se superarán los límites recomendados de exposición a campos de radiofrecuencia.
- Los usuarios de teléfonos móviles están expuestos a campos electromagnéticos mucho más intensos que los existentes en el entorno cotidiano normal. No obstante, incluso estos niveles más altos no parece que generen efectos perjudiciales.
- Numerosos estudios han demostrado que la exposición a campos electromagnéticos en el entorno cotidiano es extremadamente baja.

Normas actuales

Existen normas establecidas para proteger nuestra salud, como las relativas a aditivos alimentarios, a las concentraciones de productos químicos en el agua o a los contaminantes del aire. De forma similar, existen normas que previenen la exposición excesiva a los campos electromagnéticos presentes en el entorno.

[\[ir al menú\]](#)

Quién decide cuáles son los límites recomendados?

Cada país establece sus propias normas nacionales relativas sobre exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de estas normas nacionales se basan en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP). Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la OMS, evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo. Basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, la ICNIRP

elabora unas directrices en las que establece límites de exposición recomendados. Estas directrices se revisan periódicamente y, en caso necesario, se actualizan.

La relación entre la intensidad de los campos electromagnéticos y la frecuencia es compleja. Una relación de todos los valores de todas las normas correspondientes a todas las frecuencias sería difícil de comprender. El siguiente cuadro resume los límites de exposición recomendados correspondientes a los tipos de tecnologías que han causado preocupación en la sociedad: la electricidad en el hogar, las estaciones base de telefonía móvil y los hornos de microondas. La última actualización de estas directrices se realizó en abril de 1998.

[\[ir](#) [al](#) [menú\]](#)

Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP

	Frecuencia de la red eléctrica europea	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil		Frecuencia de los hornos de microondas	
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético (μ T)	Densidad de potencia (W/m^2)	Densidad de potencia (W/m^2)	Densidad de potencia (W/m^2)
Límites de exposición para la población	5 000	100	4,5	9	10
Límites de exposición ocupacionales	10 000	500	22,5	45	

ICNIRP, CEM guidelines, Health Physics 74, 494-522 (1998)

Los límites de exposición recomendados de algunos países de la ex Unión Soviética y los de países occidentales pueden llegar a diferenciarse en un factor de más 100. Con la mundialización del comercio y la rápida penetración de las telecomunicaciones en todo el mundo, ha surgido la necesidad de disponer de normas universales. Ahora que muchos países de la ex Unión Soviética están planteándose adoptar normas nuevas, la OMS ha puesto en marcha recientemente una iniciativa para armonizar las directrices sobre exposición a las radiaciones en todo el mundo. Las normas futuras se basarán en los resultados del Proyecto Internacional sobre campos electromagnéticos de la OMS.

[\[ir al menú\]](#)

¿En que se basan las directrices?

Un aspecto importante que se debe señalar es que un límite recomendado no define de forma exacta el límite entre la seguridad y el peligro. No existe un nivel único por encima del cual la exposición se convierte en peligrosa para la salud; por el contrario, el riesgo potencial para la salud aumenta de forma gradual conforme aumenta el nivel de exposición de las personas. Las directrices marcan un determinado umbral por debajo del cual la exposición a campos electromagnéticos se considera segura, según los conocimientos de la ciencia. No se deduce, sin embargo, de forma automática, que por encima del límite indicado la exposición sea perjudicial.

No obstante, para poder fijar los límites de exposición, los estudios científicos deben identificar el umbral en el que se manifiestan los primeros efectos sobre la salud. Como no pueden hacerse experimentos con seres humanos, las directrices deben basarse en estudios con animales. Frecuentemente, se producen en los animales cambios sutiles de comportamiento a niveles bajos de exposición que preceden a cambios drásticos en la salud con niveles altos. El comportamiento anormal es un indicador muy sensible de la existencia de una respuesta biológica; este comportamiento anormal se ha seleccionado como el mínimo efecto perjudicial para la salud observable. Las directrices recomiendan prevenir la exposición a campos electromagnéticos a niveles en los que se producen cambios de comportamiento perceptibles.

Este umbral de cambios de comportamiento no es igual al límite recomendado, sino que la ICNIRP aplica un factor de seguridad de 10 en el cálculo de los límites de exposición ocupacionales y un factor de 50 para obtener el valor recomendado para la población general. Así, por ejemplo, en los intervalos de frecuencia de radio y microondas, los niveles máximos que probablemente experimentará en el entorno o en el hogar son al menos 50 veces menores que el umbral en el que se manifiestan los primeros cambios de comportamiento en animales.

[\[ir al menú\]](#)

¿Por qué es el factor de seguridad que se aplica para los límites de exposición ocupacional recomendados menor que el correspondiente a la población general?

La población expuesta en el trabajo está formada por adultos que generalmente están sometidos a condiciones de campos electromagnéticos conocidas. Estos trabajadores reciben formación sobre los riesgos potenciales y sobre cómo tomar precauciones adecuadas. En cambio, en la población general hay personas de todas las edades y con diversos estados de salud que en muchos casos no saben que están expuestos a CEM. Además, no se puede esperar que todas las personas de la población general tomen precauciones para minimizar o evitar la exposición. Estos son los motivos por los que los límites de exposición para la población general son más estrictos que los límites para la población expuesta por motivos ocupacionales.

Como hemos explicado antes, los campos electromagnéticos de frecuencia baja inducen corrientes en el organismo (véase el apartado titulado ¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?). Pero también generan corrientes diversas reacciones bioquímicas del propio organismo. Las células o tejidos no podrán detectar ninguna corriente inducida por debajo de este nivel de fondo. En consecuencia, a frecuencias bajas, las directrices aseguran que las corrientes inducidas por los campos electromagnéticos son menores que las corrientes naturales del organismo.

El principal efecto de la energía electromagnética es el calentamiento de los tejidos. En consecuencia, los límites recomendados de exposición a campos de radiofrecuencia y de microondas se establecen con el fin de prevenir los efectos sobre la salud ocasionados por el calentamiento localizado o de todo el organismo (véase el apartado ¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?). El cumplimiento de las directrices asegura que los efectos de calentamiento son suficientemente pequeños para que no sean perjudiciales.

Lo que las directrices no pueden contemplar ...

Las directrices o normas no se pueden establecer actualmente basándose en especulaciones sobre los posibles efectos a largo plazo sobre la salud.

Del conjunto de los resultados de todas las investigaciones no puede deducirse que los campos electromagnéticos produzcan efectos a largo plazo sobre la salud, como el cáncer. Los organismos nacionales e internacionales fijan y actualizan las normas basándose en los conocimientos científicos más avanzados, con el fin de proteger contra los efectos sobre la salud conocidos.

Las directrices se establecen para la población media y no pueden tener en cuenta directamente las necesidades de una minoría de personas potencialmente más sensibles. Por ejemplo, las directrices sobre contaminación atmosférica no se basan en las necesidades especiales de las personas asmáticas. De forma similar, las directrices sobre campos electromagnéticos no están diseñadas para proteger a las personas de las interferencias en los dispositivos electrónicos médicos implantados, como los marcapasos cardíacos. Por el contrario, estas personas deben solicitar a los fabricantes y al médico que ha implantado el dispositivo que les asesore sobre el tipo de exposiciones que deben evitar.

Algunos datos prácticos le ayudarán a comprender los valores de las directrices internacionales antes indicados. El siguiente cuadro indica las fuentes más comunes de campos electromagnéticos. Todos los valores son niveles máximos de exposición de la población; usted estará probablemente sometido a una exposición mucho menor. Para un examen más detallado de las intensidades de los campos del entorno de aparatos eléctricos concretos, véase la sección titulada Niveles de exposición típicos en el hogar y en el medio ambiente.

Fuente	Exposición máxima típica de la población	
	Campo eléctrico (V/m)	Densidad de flujo magnético (μ T)
Campos naturales	200	70 (campo magnético terrestre)
Red eléctrica (en hogares que no están próximos a líneas de	100	0,2

conducción eléctrica)		
Red eléctrica (bajo líneas principales de conducción eléctrica)	10 000	20
Trenes y tranvías eléctricos	300	50
Pantallas de televisión y computadora (en la posición del usuario)	10	0,7
	Exposición máxima típica de la población (W/m ²)	
Transmisores de televisión y radio	0,1	
Estaciones base de telefonía móvil	0,1	
Radares	0,2	
Hornos de microondas	0,5	

Fuente: Oficina Regional de la OMS para Europa

[\[ir al menú\]](#)

¿Cómo ponen en práctica las directrices y quién comprueba si se aplican?

Los organismos del gobierno y las autoridades locales tienen la responsabilidad de inspeccionar los campos electromagnéticos en el entorno de las líneas de conducción eléctrica, estaciones base de telefonía móvil o cualesquiera otras fuentes electromagnéticas de acceso público y de asegurarse de que se cumplen las directrices.

En el caso de los aparatos electrónicos, la responsabilidad de que cumplan los límites establecidos es del fabricante. No obstante, como se ha explicado antes, la naturaleza de la mayoría de los aparatos asegura que las intensidades de los campos que se emiten son muy inferiores a los límites establecidos. Además, muchas organizaciones de consumidores realizan ensayos periódicos. Si tiene algún motivo concreto de preocupación, póngase en contacto directamente con el fabricante o consulte a la autoridad sanitaria de su país.

[\[ir al menú\]](#)

¿Son perjudiciales los niveles de exposición superiores a los límites recomendados?

Es completamente seguro comer confitura de fresa hasta la fecha de caducidad indicada en el tarro, pero el fabricante no puede garantizar una buena calidad del producto si consume la confitura en una fecha posterior. No obstante, normalmente, la confitura se podría consumir sin riesgo hasta incluso unas semanas o meses después de la fecha de caducidad. De forma similar, las directrices sobre campos electromagnéticos aseguran que, si no se sobrepasa el límite de exposición establecido, no se producirán efectos perjudiciales para la salud. Sobre el nivel que se sabe que produce un efecto sobre la salud, se aplica un factor de seguridad elevado. Por consiguiente, incluso si una persona se viera sometida a intensidades de campos varias veces mayores que el límite establecido, la exposición que experimentaría estaría dentro de este margen de seguridad.

En situaciones cotidianas, la mayoría de las personas no se ven expuestas a campos electromagnéticos superiores a los límites recomendados. Los niveles de exposición típicos son muy inferiores a estos límites. Sin embargo, en ocasiones, una persona puede exponerse, durante un período corto, a niveles que se aproximan o incluso superan los niveles recomendados. Según la ICNIRP, para tener en cuenta los efectos acumulados, la exposición a los campos de frecuencia de radio y de microondas se debe calcular como promedio durante un determinado período; las directrices establecen que dicho período debe ser de seis minutos y se consideran aceptables las exposiciones a corto plazo superiores a los límites.

En cambio, según las directrices, la exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia baja no se calcula como promedio en el tiempo. Para complicar aún más el asunto, se incorpora otro factor llamado acoplamiento. El acoplamiento se refiere a la interacción entre los campos eléctricos y magnéticos y el cuerpo expuesto a la radiación; es función del tamaño y forma del cuerpo, el tipo de tejido y la orientación del cuerpo con respecto al campo. Las directrices deben ser conservadoras: la ICNIRP siempre supone un acoplamiento máximo del campo a la persona expuesta. Por consiguiente, los límites recomendados proporcionan una protección máxima. Por ejemplo, aunque las intensidades del campo magnético de las secadoras de pelo y de las máquinas de afeitar superan aparentemente los valores recomendados, el acoplamiento extremadamente débil entre el campo y la cabeza impide la inducción de corrientes eléctricas que podrían superar los límites recomendados.

Puntos clave

- Las directrices de la ICNIRP se basan en los conocimientos científicos actuales. La mayoría de los países se basa en estas directrices internacionales para establecer sus propias normas nacionales.
- Las normas sobre campos electromagnéticos de frecuencia baja aseguran que las corrientes eléctricas inducidas están por debajo del nivel normal de las corrientes de fondo en el interior del organismo. Las normas para campos de frecuencia de radio y de microondas impiden los efectos sobre la salud ocasionados por el calentamiento localizado o general del organismo.
- Las directrices no protegen contra la posible interferencia con dispositivos médicos electrónicos.

- Los niveles de exposición máximos en la vida cotidiana están normalmente muy por debajo de los límites recomendados.
- Debido a la aplicación de un factor de seguridad elevado, una exposición superior a los límites recomendados no es necesariamente perjudicial para la salud. Además, la determinación del promedio en el tiempo para campos de frecuencia alta y la hipótesis de un acoplamiento máximo para los campos de frecuencia baja introducen un margen de seguridad adicional

[\[ir al menú\]](#)

Medidas de precaución

Con el creciente volumen de resultados de investigación disponibles, cada vez resulta menos probable que la exposición a campos electromagnéticos constituya un peligro para la salud, aunque sigue existiendo cierto grado de incertidumbre. El debate científico inicial, centrado en la interpretación de resultados controvertidos, se ha transformado en una cuestión social y política. El debate público sobre los campos electromagnéticos se centra en los posibles efectos perjudiciales de los campos electromagnéticos, pero con frecuencia no tiene en cuenta las ventajas que proporcionan las tecnologías asociadas a los campos electromagnéticos. Sin electricidad, la sociedad se paralizaría. De forma similar, la difusión de radio y televisión y las telecomunicaciones se han convertido en un hecho cotidiano de la vida moderna. Es fundamental sopesar los costos y los posibles peligros.

[\[ir al menú\]](#)

Protección de la salud pública

El objeto de las directrices internacionales y normas de seguridad nacionales sobre campos electromagnéticos se han elaborado basándose en los conocimientos científicos actuales con el fin de asegurar que las personas no se exponen a campos que puedan ser perjudiciales para la salud. Para compensar incertidumbres en el conocimiento (ocasionado, por ejemplo, por los errores experimentales, extrapolación de animales hacia los seres humanos, o incertidumbre estadística), los grandes factores de seguridad se incorporan dentro de los límites de la exposición. Las directrices y normas se revisan de forma periódica y se actualizan en caso necesario. Se ha sugerido que, mientras la ciencia mejora su conocimiento de las consecuencias para la salud, puede ser recomendable aumentar las precauciones para enfrentarse a las incertidumbres que aún existen. Sin embargo, el tipo y magnitud de la política de precaución que se adopte dependerá fundamentalmente de si existen resultados sólidos que indiquen la existencia de un riesgo para la salud y de la escala y naturaleza de las posibles consecuencias. La respuesta de precaución debe ser proporcional al riesgo potencial. Para más información, véase el documento informativo de la OMS sobre políticas de precaución (WHO Backgrounder on Cautionary Policies).

Se han desarrollado varias políticas que fomentan la precaución con el fin de abordar las cuestiones de salud y seguridad pública, ocupacional y medioambiental relacionadas con agentes químicos y físicos.

[\[ir al menú\]](#)

¿Qué se debe hacer mientras continúan las investigaciones?

Uno de los objetivos del Proyecto Internacional CEM es ayudar a las autoridades nacionales a sopesar las ventajas del uso de tecnologías que generan campos electromagnéticos frente a la posibilidad de que se descubra algún riesgo para la salud. Además, la OMS propondrá recomendaciones sobre medidas de protección, si fueran necesarias. La terminación, evaluación y publicación de las investigaciones necesarias llevará varios años. Entretanto, la Organización Mundial de la Salud ha propuesto las siguientes recomendaciones:

- Observancia rigurosa de las normas de seguridad nacionales o internacionales existentes. Estas normas, basadas en los conocimientos actuales, se han diseñado para proteger a todas las personas de la población, con un factor de seguridad elevado.
- Medidas de protección sencillas. La presencia de barreras en torno a las fuentes de campos electromagnéticos intensos ayudan a impedir el acceso no autorizado a zonas en las que puedan superarse los límites de exposición.
- Consulta a las autoridades locales y a la población sobre la ubicación de nuevas líneas de conducción eléctrica o estaciones base de telefonía móvil. Frecuentemente, las decisiones sobre la ubicación de este tipo de instalaciones deben tener en cuenta cuestiones estéticas y de sensibilidad social. La comunicación transparente durante las etapas de planificación de una instalación nueva puede facilitar la comprensión y una mayor aceptación de la sociedad.
- Comunicación. Un sistema eficaz de información y comunicación de aspectos relativos a la salud entre los científicos, gobiernos, industria y la sociedad puede ayudar a aumentar el conocimiento general sobre los programas que abordan la exposición a campos electromagnéticos y a reducir posibles desconfianzas y miedos.

Para más información, véanse los Boletines Informativos de la [OMS sobre Campos Electromagnéticos y Salud Pública](#)

[\[ir al menú\]](#)