fundació terra

SUPLEMENTO DE

PERSPECTIVA ESCOLAR

Abril 2000

# PERSPECTIVA AMBIENTAL 18

## Electromagnetismo

**Abril 2000**

P E R S P E C T I V A
A M B I E N T A L 18

**Edición:**
Associació de Mestres Rosa Sensat
Drassanes , 3 • 08001 Barcelona
• Tel: 93-481 7373 • Fax: 93-301 75 50
Fundació TERRA
Avinyó, 44 • 08002 Barcelona
• Tel: 93-304 0220
• Fax: 93-304 0221
http://www.terra.org

**Redacción:**
Clàudia Pujol i Jordi Miralles

**Foto portada:**
IMAGE BANK

**Imágenes interiores**
AGE, Fundació Terra, Image Bank, Elektron, Red Eléctrica de España

**Ilustraciones**
Victor Navarro

**Impresión:**
Romanyà-Valls

Impreso en papel ecológico
**Dipósito Legal:** B. 2090-1975

**Impreso sin fotolitos con el sistema Computer to Print. Autoedición hecha en ordenadores alimentados con energía fotovoltaica. Maquetado con Adobe Page Maker 6.5**

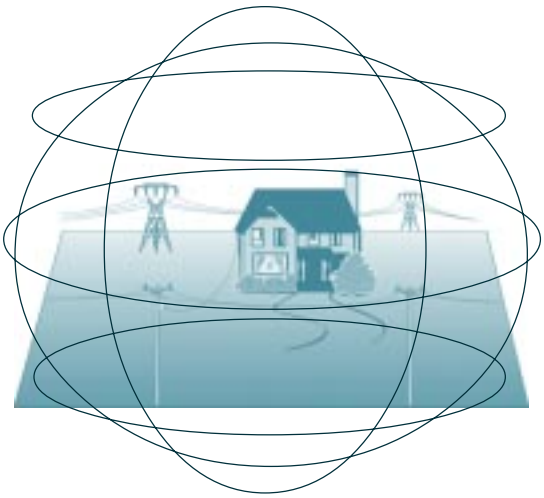
**Electromagnetismo**
Una contaminación invisible
Los geocampos
El electromagnetismo atmosférico
Sensibilidad electromagnética de los seres vivos
Aplicaciones biomédicas
El sistema eléctrico del cuerpo
Las células bajo el poder de las ondas
La casa cancerígena
Radiaciones no ionizantes
Líneas eléctricas de alta tensión (LAT)
Las antenas
Telefonia móvil
Los hornos microondas
La luz visible
Alternativas a la contaminación electromagnética
Radiaciones ionizantes: la radioactividad natural

**Hagámoslo visible**
Experimentar con el electromagnetismo
Muestra el campo electromagnético en tres dimensiones
Construir un electroimán
Relación entre la electricidad y el magnetismo
Interferencias de las microondas
Estira y afloja
Bibliografía y recursos

*Electrodomésticos, suministros eléctricos, líneas de alta tensión... son junto con las radiaciones naturales de la Tierra, las principales fuentes de donde emanan los campos electromagnéticos.*
*La absorción acumulada de estas radiaciones en la materia viva ha suscitado, en las última décadas, un polémico debate sobre el presunto riesgo para la salud de las personas. La prudencia es la mejor garantía ante de la incertidumbre.*

# Electromagnetismo

***Fundación TERRA****



* La Fundación TERRA es una fundación privada que tiene como objectivo canalizar y fomentar iniciativas que favorezcan una mayor responsabilidad de la sociedad en los temas ambientales.

## Una contaminación invisible

Con el desarrollo del radar en la Segunda Guerra Mundial, la proliferación de emisoras de radio y TV durante toda la segunda mitad del siglo XX, así como con la irrupción de los ordenadores y el uso cotidiano de numerosos electrodomésticos nos hemos rodeado de un mar de campos electromagnéticos. Desde que nos levantamos por la mañana hasta que nos acostamos, llegamos a estar en contacto, aproximadamente, con unos treinta campos de intensidad diversa.

El impacto del electromagnetismo sobre el medio ambiente puede alterar el planeta de formas que aun desconocemos: algunos animales como las ranas están desapareciendo de manera alarmante, diversos bosques mueren por causas desconocidas y los humanos sufren enfermedades que no habían padecido antes. Si bien la comunidad científica no se pone de acuerdo sobre los bioefectos de estos campos, resultaría imprudente eludir los numerosos estudios que nos advierten de los peligros.

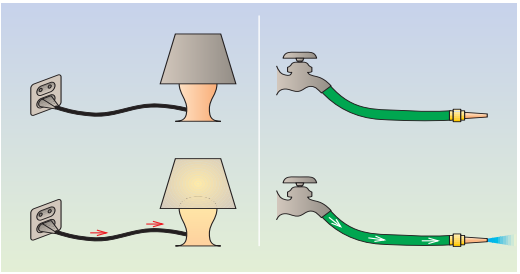
La vida necesita de las radiaciones naturales, pero las resultantes de la actividad humana pueden revolverse en contra nuestra. No debemos olvidar que nuestro cerebro es un potente emisor electromagnético que queda afectado por las interferencias de ondas artificiales.

La electricidad ya era conocida por los griegos y por los chinos. En el siglo VII a C. Tales de Milet, frotando un trozo de ámbar con un trapo de lana, observó que podía atraer pequeños objetos generando minúsculas cargas eléctricas. A este fenómeno se llamó "electricidad"(ámbar en griego es elecktron). El magnetismo ya era conocido por los antiguos chinos, que descubrieron las propiedades de la magnetita, mineral que tiene la capacidad de actuar a distancia sobre los metales y algunos otros materiales. Al imantarlos se produce la orientación de los ejes magnéticos de sus electrones en la dirección del campo magnético externo.

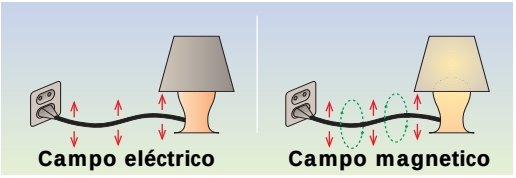
La interrelación entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos fue anotada por Hans Christian Oersted (1770-1851) que observó que haciendo girar un imán sobre el eje, éste se desviaba si había una corriente eléctrica próxima.

Es el desplazamiento de las cargas eléctricas lo que genera campos electromagnéticos, que se emiten al espacio en forma de ondas, transmitiéndose a la misma velocidad de la luz (300.000 Km/segundo). Los campos magnéticos son la consecuencia de la corriente, mientras que los campos eléctricos se producen cuando existe voltaje, independientemente de si la fuente emisora está o no en funcionamiento.

Cuando las cargas oscilan a una frecuencia (número de veces que una onda vibra en un segundo) suficientemente alta, los campos electromagnéticos resultantes se propagan en forma de haz compacto. A bajas frecuencias, los campos eléctricos deben considerarse casi



La presión eléctrica es el potencial de trabajo y se mide en voltios (V). Es como la presión en una manguera de agua. Cuando abrimos la corriente esta fluye con una determinada intensidad que medimos en amperios (A), comparable a los litros que pueden circular per nostra manguera.

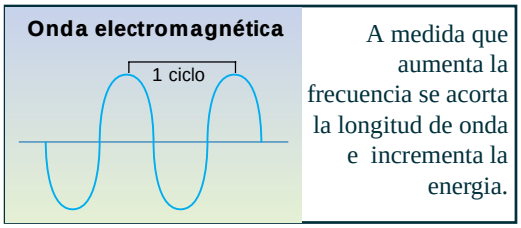



Los campos eléctricos son producidos por el voltaje, es decir, el flujo de corriente, y aumentan proporcionalmente. Los campos magnéticos forman lazos de fuerza como resultado de la corriente y varian según la potencia del flujo.

estáticos: no se propagan ni se acoplan. Todos ellos decrecen rápidamente cuando se alejan de la fuente. Los campos eléctricos se miden en voltios por metro (v/m); los magnéticos se miden en (tesles) (T) o en gauss (G).

## Los geocampos

El sistema Tierra-Sol donde vivimos es básicamente una enorme máquina electromagnética y de la interacción energética del planeta con el Sol y el espacio interplanetario cir-




A medida que aumenta la frecuencia se acorta la longitud de onda e incrementa la energia.

cundante, ha surgido la vida. La superficie de la Tierra esta sometida a la acción de los campos eléctricos y magnéticos de origen natural, los cuales tienen también una influencia sobre los organismos vivos. De hecho, los humanos no pueden prescindir de las radiaciones naturales como la electricidad, el magnetismo o la radioactividad para vivir.

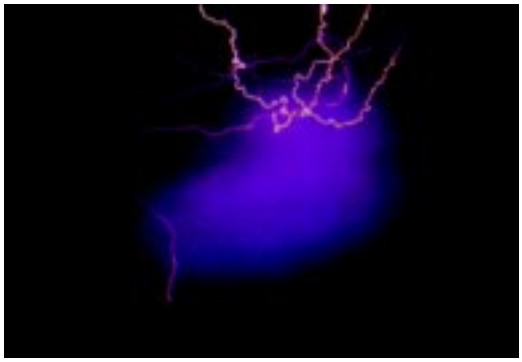
La privación completa de radiaciones desencadena unos desequilibrios orgánicos i energéticos en el ser humano que ya observaron en los años sesenta los astronautas. Estos, aún disfrutando de unas condiciones físicas y mentales extraordinarias, empezaban a sentirse mal cuando traspasaban la ionosfera. Fue necesario utilizar la tecnología de neutralización electromagnética del Dr. Ludwig, para solucionarlo. Dicha tecnología consistía en instalar generadores de campos bioarmónicos en las naves espaciales, para restablecer el equilibrio vibratorio del ambiente terrestre y así mantener la salud de los astronautas.

El Sol es el causante de las principales perturbaciones magnéticas de la Tierra, como las tempestades solares y las influencias lunares.

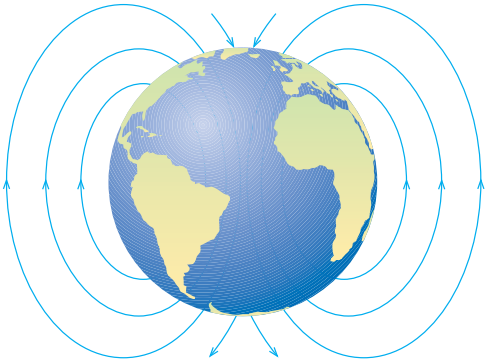
Las temperaturas solares pueden ser fuertes o recurrentes. Las primeras tienen origen con la llegada a la Tierra de una nube de partículas ionizadas que recorren la distancia Sol-Tierra a una velocidad cerca de 100km/seg y provocan una gran inestabilidad. Cuando se producen la economía se resiente (perdida de rendimiento en el trabajo y múltiples bajas laborales); las conductas antisociales (atentados, agresiones sexuales, intentos de suicidio) se incrementan, y los servicios de urgencias de los hospitales se llenan de falsos infartos. La alteración del influjo magnético solar afecta también a la electrónica, la radio, la TV., desorienta las brújulas y bloquea los sistemas de navegación de los barcos y aviones. Las tempestades solares periódicas perturban el campo magnético terrestre con mucha menos intensidad cada 27 días, los mismos que tarda el Sol en girar.

Las influencias lunares tienen una menor intensidad energética. Se trata de alteraciones gravitacionales que causan el ciclo de las mareas, las variaciones mensuales de la savia de los arboles y actúan sobre los biorritmos hormonales de las personas. La luna influye también modificando el campo electromagnético terrestre de forma muy significativa cada vez que se alinea con el Sol.

Los humanos están sometidos a un campo magnético continuo de 500 miligauss (50.000 nanoteslas) de mediana, oscilando según ritmos diurnos, mensuales y anuales. El campo



Todo es vibración. Todo es energía. Estamos sumergidos en un océano de vibraciones invisibles (Einstein).



El campo magnético de nuestro planeta varía segúns la latitud. En España es de unos 43 μTeslas (430 mG).

magnético natural es saludable, incluso tiene una vibración (onda de Shumann) de 7,8 Hz que coincide con el nivel cerebral de máxima creatividad. Este campo magnético está generado por la rotación del núcleo terrestre, el cual esta formado por dos materiales muy magnéticos: el níquel y el hierro. Cualquier alteración de la emisión de ondas electromagnéticas tiene influencia en la salud, en las cosechas y es responsable de los cambios cíclicos del clima planetario.

*El electromagnetismo atmosférico*

En la atmósfera se suceden importantes fenómenos electromagnéticos en directa interacción con las emisiones de la radiación solar y cósmica. La gran tensión eléctrica que se acumula en la atmósfera provoca cada día unas 50.000 tempestades en todo el planeta, con efectos globales sobre la Tierra. Después de una tempestad, la atmósfera se carga de iones negativos, los cuales producen una sensación agradable, de frescor y de relajamiento. La abundancia de iones negativos limpia la atmósfera de microorganismo patógenos, precipita el polvo y el polen, beneficiando principalmente a las personas alérgicas, asmáticas o a aquellas que sufren enfermedades pulmonares. Por el contrario, cuando predominan los iones positivos, se percibe una sensación de euforia, ansiedad, hiperactividad que a largo plazo, produce insomnio o depresión crónicas, agotamiento psicofísico, afecciones respiratorias e incluso la aparición de actitudes agresivas.

Algunos vientos poco saludables producen efectos ionizantes en diversas regiones: el mistral en la Costa Azul francesa, la tramontana en el Ampurdán, el siroco en Italia, el simún en el Sáhara, etc. Muchas personas, especialmente sensibles a la ionización atmosférica de los vientos secos, deben irse de la ciudad para poder superar las crisis alérgicas o asmáticas.

## Sensibilidad electromagnética de los seres vivos

La mayoría de los campos eléctricos se consideran superficiales en cuanto a la capacidad para introducirse en la materia; sin embargo, los campos magnéticos penetran fácilmente dentro del cuerpo. La explicación científica es que nuestro organismo tiene una conductividad más alta que el aire y permite a la corriente eléctrica moverse superficialmente a través de la piel. Puesto que nuestros órganos y tejidos biológicos tienen una permeabilidad magnética casi idéntica a la del aire, los campos magnéticos son absorbidos profundamente en su totalidad.

La sensibilidad magnética de los seres vivos podría explicarse por las minúsculas cantidades de magnetita que se han descubierto en algunas partes del cuerpo humano. Este mineral ferroso (que encontramos en las pestañas, en la glándula pineal, en la hipófisi, en

Las aves migratorias raramente se pierden, pero a veces, efectúan centenares de kilómetros de más como consecuencia de las alteraciones del campo magnético, ya sea de origen natural o artificial.

ciertos puntos del cerebro, en los tendones de los músculos del cuello, en las masas lumbares y en los tendones de Aquiles) actúa como un imán. Es evidente que el ser humano posee una notable capacidad de orientación geomagnética, en desuso en el ámbito urbano pero muy presente entre las personas bien adaptadas a su medio, por ejemplo, los tuaregs que navegan sin equivocarse a través de kilómetros de dunas, o entre los navegantes polinesios, capaces de orientarse en medio del océano sin brújula. Lo mismo se puede decir de los inuit en las tierras árticas.

De la misma manera, se tiene la certeza que la magnetita desarrolla un papel importante a la hora de explicar algunos mecanismos electromagnéticos de los animales, como por ejemplo que los peces se desplacen según el campo magnético terrestre, que las abejas se orienten y se comuniquen bajo la influencia de estos campos, que las aves migratorias estén dotadas de un mecanismo parecido a una brújula o que los murciélagos posean unos sensores especiales para estas formas de radiación. El sexto sentido del electromagnetismo permite, incluso, a algunos animales predecir terremotos: las serpientes y los escorpiones buscan refugio, los rebaños se dispersan, los pájaros cantan a una hora del día inusual...

Los estudios muestran que aproximadamente el 30% de la población es mucho más sensible, que el resto, a las radiaciones electromagnéticas; un 50% es sensible y un 20%

## Plantas electromagnetizada

Es universalmente conocido que las plantas utilizan la luz para hacer la fotosíntesis. En cambio, no lo es tanto, que las plantas tienen un sistema nervioso que funciona de manera similar al de los humanos: una especie de neurotransmisores regulan la distribución del agua, la oclusión de las hojas... Así se intuye que el sistema nervioso de las plantas puede sufrir daños por fuentes externas, y que, por ejemplo los campos magnéticos procedentes del Sol pueden acelerar algunos procesos biológicos como el crecimiento de las plantas.

Los efectos de la electricidad sobre las plantas ha fascinado a los investigadores durante siglos. En 1770, en Turín, el profesor Gardini colgó una serie de alambres en el jardín de un monasterio y empezaron a morir muchas plantas. Cuando Gardini saco los alambres, las plantas renacieron. Entre 1868-84, un científico finlandés, Selim Lemström, realizó una serie de expediciones a las regiones polares. Sus observaciones le permitieron teorizar que la rica vegetación en los meses de verano se debía, no a que la luz del día se alargaba, sino al incremento de la actividad eléctrica de la aurora boreal. Un refugiado húngaro hizo discurrir la corriente eléctrica a través de un inbrtnsfrto von semillas de limón. Cuando la corriente iba hacia una dirección, aumentaba su medida; pero se arrugaba cuando la corriente corría en dirección opuesta.

Las fuerzas magnéticas también influyen sobre las plantas. Las plantas alineadas con los campos magnéticos de la Tierra generan formas más vivas y más altas. Los investigadores rusos descubrieron que los tomates si se colocaban cerca del polo sur de un imán crecían más rápidamente que si se colocaban próximos al polo norte.

Las fotografías infrarrojas de los satélites de la NASA indicaban que los campos de trigo débiles y los campos saludables mostraban una señal electromagnética muy diferente. Un ingeniero de Colorado, el Dr.H.Len Cox, también comprobó que las plantas magnetizadas crecían mucho más.

Algunos científicos apuntan que, en un futuro, podrían efectuarse pequeñas aplicaciones de corriente eléctrica y de magnetismo en los huertos. Ello podría suponer menos contaminación del suministro del agua a causa de los fertilizantes químicos, y, por otra parte, también una mayor resistencia de los rebaños a los insectos. De todas formas, y mientras no se conozcan ampliamente los efectos del electromagnetismo, seria poco prudente comer hortalizas electrificadas y magnetizadas.

restante poco o nada sensible. Las personas de la tercera edad, las mujeres embarazadas y los niños se incluirían en el primer grupo. Los bioefectos, pero, son difíciles de precisar porque debemos incluir muchas variantes como por ejemplo la medida, la forma del cuerpo, la orientación y la distancia de la fuente, la duración de la exposición, la longitud de la onda y la potencia en que es generada.

Aunque los médicos dicen que es imposible sentir los campos electromagnéticos de bajo nivel, algunas personas dicen que notan una suave constricción en la zona de la frente cuando están debajo de una línea eléctrica de alta tensión (LAT) o desean huir de los estudios de radio y TV. Otros se sienten incómodos en el departamento de electrónica o de electrodomésticos de los grandes almacenes. Algunos expertos lo han llamado el "síndrome de la sensibilidad electromagnética".

## Aplicaciones biomédicas

De todas formas no podemos caer en el maximalismo de acusar a las radiaciones de todos los males, ya que la aplicación selectiva de algunas radiaciones pueden ser beneficiosas para el cuerpo humano. Ya en la antigüedad los imanes se utilizaban en terapias diversas. Las radiofrecuencias (las bandas utilizadas en las telecomunicaciones) no tardaron en utilizarse una vez Arsonval (s.XIX) descubrió que cuando se aplicaban sobre los tejidos, se producía un calentamiento sin contracción muscular, que era beneficioso para la salud.

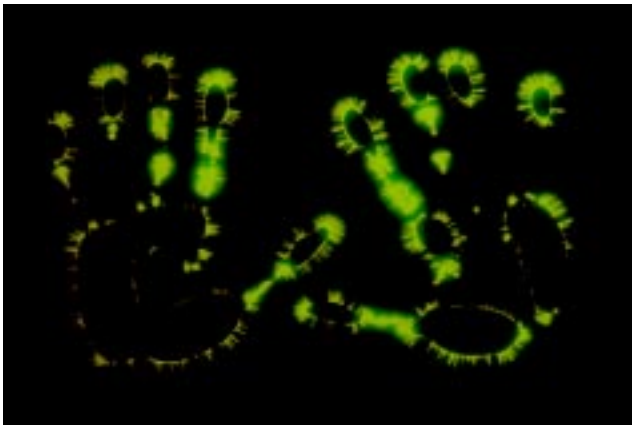
El diagnóstico medico que utiliza la energía electromagnética permite obtener imágenes de los procesos íntimos de nuestros tejidos; debemos recordar la necesidad de usarlos razonablemente.

Debemos de diferenciar las aplicaciones de diagnóstico de las terapéuticas propiamente dichas. Las primeras irían desde la obtención de imágenes por resonancia magnética nuclear (para adentrarse dentro del sistema nervioso o visualizar la musculatura del aparato locomotor), hasta la utilización de la radiación natural del cuerpo humano (magnetoencefalografia, magnetocardiografia, radiometría) o la exposición externa para obtener medidas fisiológicas.

Respecto a las aplicaciones terapéuticas, podríamos incluir el crecimiento y la soldadura del tejido óseo, gracias a sus propiedades piezoeléctricas, esta técnica se utiliza en el caso de una no-unión del hueso, de fracturas recientes o de otras enfermedades óseas. También se practica en el tratamiento del cáncer por hipertermia (proceso por el cual los tumores cancerosos son calentados hasta una temperatura por sobre de los 42 ºC) Además de obtener un alivio respecto al dolor, en muchos casos se produce una reducción substancial del tumor. Igualmente, se identifican efectos biológicos positivos en ciertos dolores crónicos de la pelvis y en enfermedades agudas, así como, se percibe una aceleración de los procesos de cicatrización de quemaduras y una mejora de las personas con problemas circulatorios en las extremidades.

## El sistema eléctrico del cuerpo

Muchas personas no son conscientes de que el electromagnetismo es inherente a la anatomía humana: cada vez que un músculo se mueve se producen descargas eléctricas neuronales. Las ondas cerebrales son eléctricas; los enzimas (los mensajeros químicos de



AGE FotoStock

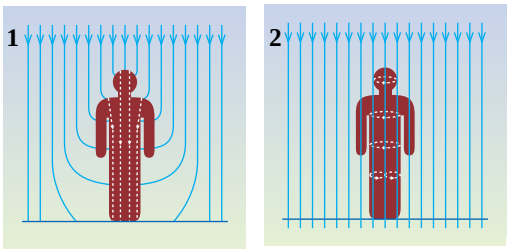
Imagen efectuada con la cámara Kirlian, que permite captar el campo electromagnético de un ser vivo. En esta imagen, las palmas de la mano de una mujer. El aura captada aporta datos sobre el estado físico y emocional de la persona.

nuestro cuerpo) están influidos eléctricamente; la división celular es eléctrica, el latido del corazón es eléctrico..., todos los cambios químicos son eléctricos. Así pues, el cuerpo humano es un organismo especialmente eléctrico, y su interacción con los campos exteriores es parte ordinaria de su equilibrio físico y químico general.

Durante años, científicos e ingenieros creían que los campos electromagnéticos de baja intensidad (o sea los causados por líneas de alta tensión, por las centrales transformadoras del suministro eléctrico...) no podían producir cambios biológicos significativos, porque las radiaciones eran incapaces de romper los enlaces moleculares y por ello, sólo generaban un minúsculo aumento de calor. Pero en la última década, diversos investigadores han puesto en duda que el calor sea la única propiedad potencialmente peligrosa de las radiaciones. Entre otras razones, el efecto térmico no explica una serie de comportamientos como los cambios en las funciones celulares, el decrecimiento de la hormona melatonina, las alteraciones del sistema inmunológico, la aceleración del crecimiento de los tumores, los cambios en los biorritmos o los cambios en la actividad del cerebro.

Las ondas cerebrales que mantienen el cuerpo en funcionamiento todo el día son un reflejo de la actividad mental. Cuando estamos excitados producimos ondas gamma; cuando estamos despiertos o en estado de vigilia, ondas beta; en el momento que estamos relajados o en la fase previa al sueño profundo producimos ondas alfa; en la hipnosis clínica se observarían ondas zeta y cuando dormimos profundamente generamos ondas delta. Dado que las bandas no están del todo separadas, generalmente se pueden observar diversas de manera simultánea. La mayoría de estos biorritmos que regulan las funciones de los organismos forman parte de la herencia genética, si bien pueden verse alterados por influjos externos, como la radiación electromagnética. Una modificación externa de estas ondas endógenas puede repercutir en el metabolismo y en las diversas funciones vitales como la respiración y el ritmo cardíaco.

La alternancia entre la luz y la oscuridad es el motor que marca el ritmo biológico. La glándula pineal, situada en el cerebro, es la que transforma la energía de la luz en estímulos adecuados para sintetizar y metabolizar sus productos: el enzima serotonina




Los campos eléctricos (1) y los magnéticos (2) producen débiles corrientes eléctricas en humanos y animales. Las líneas de puntos blancas muestran como se comportan los campos generados en nuestro cuerpo en los dos tipos de fuezas.

y la hormona melatonina. Esta última es la encargada de regular el ritmo del sueño. Se incrementa, sobretodo, durante la noche a partir de las 22 horas. Si la producción de la melatonina es suprimida a causa de la exposición de mantas electromagnéticas o calentadores de cama, las repercusiones en la salud pueden ser severas. La melatonina, según diversos estudios, interviene en el mantenimiento de las defensas inmunitarias contra el cáncer. Sus propiedades antioncogénicas naturales se evidencian sobretodo en las personas invidentes, las cuales tienen un nivel más elevado de esta sustancia, por lo que el riesgo de contraer cáncer es muy inferior. Algunos tipos de depresión y el *jet lag* podrían estar también relacionados con irregularidades en el ritmo de la melatonina. En definitiva, una contaminación electromagnética continuada desajusta el "reloj biológico" del ser humano.

*Las células bajo el poder de las ondas*

Una teoría muy aceptada es la que manifiesta que los campos electromagnéticos hacen vibrar las paredes celulares. Esta resonancia evidencia la transferencia de energía dentro de la célula y puede producir efectos biológicos perjudiciales como desbaratar el movimiento de calcio a través de las paredes celulares. El calcio (un mensajero que penetra dentro de la célula transportando importante información y desencadenando proteínas para cumplir las funciones celulares) tiene un papel importante en la regulación de las contracciones musculares, los latidos del corazón o la división celular. La alteración del mensaje genético de las células que, en teoría, puede producirse bajo estas circunstancias, puede dar lugar a procesos cancerígenos.

Teniendo en cuenta que el cáncer, una divi-

**Embarazo, infancia e infertilidad**

La temperatura es un parámetro muy importante en el embarazo. Cualquier fuente que haga aumentar la temperatura de la madre (fiebre, fuerte ejercicio, reiteradas ecografías...) puede incrementar las anomalías congénitas, sobre todo en el primer trimestre cuando la mayor parte de los órganos se están formando. Durante el embarazo se pueden dar tres tipos de efectos adversos como consecuencia de elevadas radiaciones: mutagenicos (modificación en las células reproductoras de los progenitores), teratogenicos (alteraciones de las células del feto, causando un defecto de nacimiento al bebe) y oncogénicos (habilidad de propiciar el crecimiento violento de las células). Algunos agentes, como por ejemplo la radioactividad, pueden provocar los tres efectos. Recordemos que la luz es la franja del espectro electromagnético que más nos influye. La inquietud aumenta, cuando algunos estudios detectan que las radiaciones de una frecuencia mucho más baja que la radioactividad también pueden comportar efectos nocivos para la salud. De estos estudios se desprende que las mujeres embarazadas que trabajan en contacto con equipamiento eléctrico pueden aumentar la temperatura de su cuerpo a un nivel peligroso para el feto. Un dato igualmente preocupante es la doble tasa de abortos que sufren las mujeres que duermen en camas de agua caliente o en mantas eléctricas y las mujeres que usan ordenadores durante más de 20 horas semanales. Uno de los temas que preocupan más a los expertos en electromagnetismo es la exposición a las radiaciones de alto voltaje por parte de los niños, ya que mientras crecen sus tejidos son muy sensibles al cáncer. Algunos estudios tampoco descartan una relación entre el autismo, el desorden genético llamado "síndrome de la X frágil" y la muerte súbita de algunos niños por la exposición a estas ondas.

La infertilidad masculina, que afecta a la quinta parte de la población en edad reproductora, puede ser, en algunos casos, consecuencia de la exposición a fuertes radiaciones. El móvil en el cinturón propicia el cáncer de próstata, afecciones de ovarios, etc. Parece bastante clara la relación que hay entre un aumento de temperatura genital y la desaparición de la producción de esperma.

## Preludio eléctrico

La gente primitiva creía que una energía especial animaba todas las cosas vivas y que algunos individuos privilegiados (chamanes, sacerdotes...) eran capaces de canalizarla en beneficio de los otros. Igualmente se invocaba la fuerza invisible de los cambios solares y lunares, del nacimiento y de las defunciones, de las catástrofes naturales (huracanes, terremotos, inundaciones) y del paso de las estaciones.

Según la medicina china, la energía del cuerpo está influenciada por el equilibrio de las fuerzas universales opuestas del ying y del yang. Por ello, muchas enfermedades se pueden curar restableciendo este balance. Esta es la base de la acupuntura que pincha agujas finas de metal en puntos de energía específicos para equilibrar los iones.

En la edad de la ciencia y la razón, la biología y la física aparecieron como campos separados para la investigación. Esto provocó una profunda división entre los mecanicistas (aquellos que entienden el organismo como una máquina compleja) y los vitalistas (convencidos de la existencia de una misteriosa fuerza viva que envolvía a los individuos).

Una de las corrientes más polémicas del siglo XVIII fue la del magnetismo animal, del físico austríaco F.A. Mesmer. Según él, todos los seres vivos generaban unas fuerzas universales que podían ser transmitidas a los otros a través de aquel magnetismo. Mientras tanto, el fisiólogo italiano Luigi Galvani descubría, casualmente, como la corriente eléctrica provocaba la contracción muscular de la pata de una rana muerta.

A principios del siglo XX, los milagros tecnológicos como la luz eléctrica y la radio pasaron al mundo industrializado y estas poderosas fuerzas se aplicaron a todo tipo de aparatos. Se creía que el efecto de la electricidad en el cuerpo a dosis muy altas sólo podía provocar quemaduras o convulsiones, y que el magnetismo únicamente podía influir sobre otros materiales magnéticos. Aún hoy, parece que no somos conscientes de que nuestro cuerpo es electromagnético en sus funciones biológicas básicas.

sión celular anormal, crece de acuerdo con la proliferación celular, estos descubrimientos parecerían ratificar la constatación que los campos electromagnéticos son un agente promotor del crecimiento cancerígeno. Debemos añadir también que, cuando se altera el movimiento de los iones celulares como el calcio, se debilita la capacidad biológica de los organismos para luchar contra el cáncer.

El electromagnetismo también induce la actividad de otro enzima implicado en el crecimiento celular: La ODC (orintinadescarboxilassa). La misión de este mensajero es activar las células del crecimiento, mientras que suprime el sistema inmunologico y estimula los tumores a un rápido crecimiento.

Algunos médicos apuntan a la contaminación electromagnética como la responsable de enfermedades que la humanidad no había visto antes (disfunciones del sistema inmunológico como el síndrome de la sensibilidad electromagnética, síndrome de fatiga crónica o el síndrome de la guerra del Golfo) y que algunas de las enfermedades conocidas (alzheimer, cáncer, esclerosis, parkinson...) aumenten inexplicablemente entre la población. No es desaforado pensar que nos encontramos ante alteraciones médicas causadas por la exposición acumulativa de los campos electromagnéticos. Y puede afirmarse que incluso sin salir de casa, podemos estar fácilmente en contacto con múltiples campos.

### La casa cancerígena.

Una casa construida a base de cristal y materiales sintéticos muy electrostáticos, hermética y totalmente equipada, con líneas eléctricas de alta tensión próximas, conducciones eléctricas de alta y mediana tensión enterradas debajo de la acera y transformadores en los bajos de la misma, es, ya, un nido de electromagnetismo. Pero si además, sufre

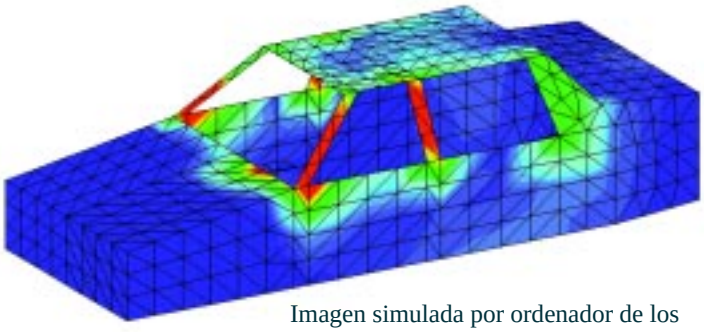


Imagen simulada por ordenador de los principales puntos con un mayor campo electromagnético dentro de un automóvil.

domopatias de origen geofísico natural (producidas por corrientes de agua subterránea, por yacimientos minerales) y domopatias atmosféricas (por el hecho de estar sometidas a fuertes cambios de presión y de tensión eléctrica de la atmósfera) es muy probable que los residentes presenten trastornos diversos. Según investigaciones, mayoritariamente suecas y alemanas, estas disfunciones podrían ir desde el insomnio, la agresividad, la pérdida de memoria, los trastornos respiratorios, cardiovasculares y circulatorios, hasta migrañas, fatiga ocular, dolor, fobias, vértigo, disfunción menstrual, perturbaciones metabólicas, abortos, malformaciones congénitas, deficiencias inmunitarias o anomalías del ADN.

Muchos edificios sobrepasan los 2 mG de campo magnético (cifra a partir de la cual se detectan los efectos sobre las células) causado por un exceso de aparatos eléctricos. La falta de ventilación natural contribuye también a incrementar los transtornos de salud de sus ocupantes.

Recientemente (El País, 14/O2/2000) un fiscal italiano relacionaba las líneas de alta tensión con el cáncer. La muerte de diversas personas en Venecia tenía en común vivir cerca de líneas de alta tensión, esto motivó que el fiscal acusase de homicidio involuntario a tres directivos de la compañía nacional eléctrica italiana ENEL. El año pasado esta fiscalía promovió también una investigación sobre los nexos entre los casos de tumores y cánceres con los campos electromagnéticos cuando un comité de padres de la localidad de Mirano (cerca de Venecia) se negó a llevar a sus hijos a una escuela construida bajo una línea eléctrica. Leucémias y cánceres en niños están bajo sospecha de ser inducidos por agentes ambientales, especialmente en pueblos que concentran instalaciones eléctricas potentes.

No sólo las casas son ilustrativas de las radiaciones electromagnéticas. La mayoría de los lugares de trabajo, sobre todo las oficinas, los gimnasios y los hospitales, muy a menudo tienen un nivel superior de radiaciones al deseable. Inútilmente, en algunas oficinas y en diversos locales donde hay mucho humo se han instalado unos ionizadores (generadores de iones negativos) para poder reducir la contaminación.

En cualquier caso, los edificios enfermos tienen una repercusión económica importante, que conocen bien muchos agentes inmobiliarios (un piso que nunca se vende, un local que se traspasa cada año...), los empresarios (aumento de bajas laborales y demandas por contaminación electromagnética) y la Sanidad pública (incremento del consumo habitual de medicamentos). Algunos arquitectos ya empiezan a diseñar los edificios para minimizar lo máximo posible estas radiaciones.

Un ámbito de la vida cotidiana en el que se producen notables dosis de contaminación electromagnética es en la circulación viaria. Cuando conducimos, tanto el motor y el aire acondicionado, como la composición de los materiales sintéticos de revestimiento, producen fuertes cargas eléctricas. Diversos expertos coinciden en decir que la neutralización electromagnética de los vehículos redundaría en beneficio de la salud, del confort y de la seguridad de los conductores profesionales. Al volante, la presencia de sustanciales dosis de electromagnetismo puede tener una importancia similar a la presencia del alcohol en la sangre.

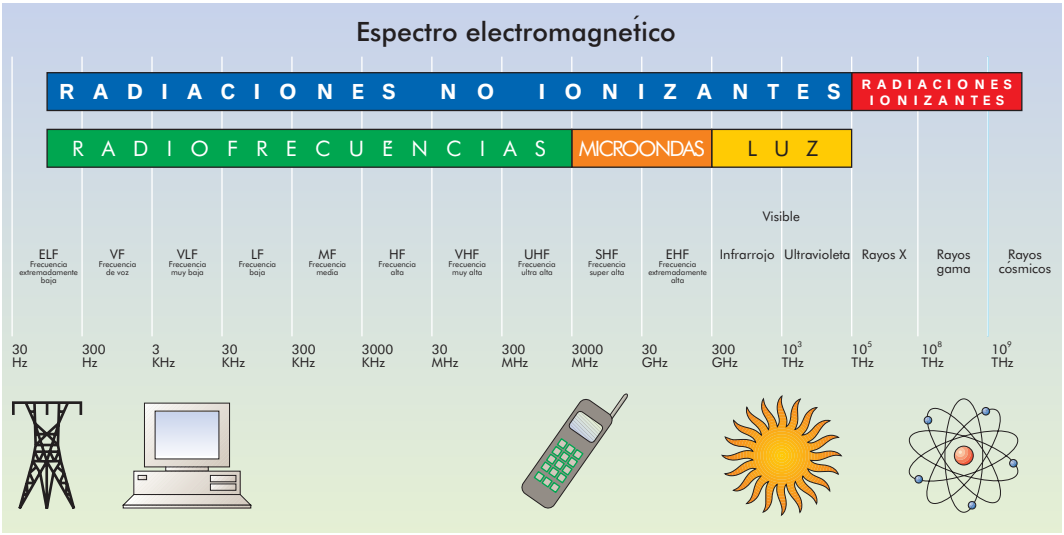
## Radiaciones no ionizantes

Entendemos por no ionizantes las ondas cuya frecuencia va desde 0 hasta a 300 GHz, aproximadamente, e incluimos las radiofrecuencias (líneas eléctricas de alta tensión, transmisores de radio y TV...) los microondas (teléfonos móviles, hornos,...) y la luz visible.

Desde hace unas décadas, tan solo se consideraban peligrosas para el hombre las radiaciones ionizantes (la radioactividad). Actualmente, los efectos biológicos de las ondas no ionizantes de alta y baja frecuencia preocupan cada vez más.

La preocupación por las perturbaciones biomédicas causadas por las frecuencias de los microondas surgió a mitades de siglo por los efectos causados por los radares militares sobre sus operadores. El crecimiento de quejas de los operarios de radar rusos que hablaban de perturbaciones biológicas diversas hizo que la ex URSS iniciara una investigación sobre el electromagnetismo de estos aparatos. Las conclusiones del estudio fueron que una exposición continuada a estas radiaciones de alta frecuencia producía desde dolor de cabeza, dolor de ojos, cansancio general, hasta mareos, irritabilidad, inestabilidad emocional o disminución de la capacidad intelectual.

Los EUA rechazaron esta información creyendo que se trataba de un episodio más de la confrontación entre bloques y que el enemigo




El espectro electromagnético cubre una gran franja de frecuencias (de 0 a billones de Hz) tanto visibles com invisibles. A medida que aumenta la frecuencia, disminuye la longitud de onda y la radiación se hace más penetrante.

**Consejos prácticos para mitigar los efectos electromagnéticos**

No dormir cerca de la nevera, diseñar unas cocinas espaciosas para estar a una distancia prudencial de los electrodomésticos, apagar los utensilios que no se utilizan, sentarse lo más lejos posible de la TV, no encender el lavaplatos ni el horno eléctrico hasta que no estemos fuera de la cocina, utilizar siempre que sea posible el teléfono con cable, cambiar las luces fluorescentes por incandescentes, no utilizar mantas eléctricas cuando estamos dentro de la cama, no dejar el despertador cercano a la cabeza, no utilizar máquinas de afeitar eléctricas ni instrumentos de masaje eléctricos, utilizar secadores con un brazo como los que encontramos en algunos hoteles... son una serie de precauciones relativamente fáciles y económicas de tomar y que pueden beneficiar nuestra salud. Teniendo en cuenta que la media de aparatos eléctricos de una casa es de 30, la mayoría de ellos generadores de campos electromagnéticos, no pueden tomarse a la ligera las advertencias que os ofrecemos.

pretendía debilitar las defensas norteamericanas dependientes del sistema de radar por microondas. Después de que los soviéticos sometieran a un prolongado barrido con microondas a la embajada norteamericana en Moscú para interceptar sus comunicaciones, resultó que los americanos asignados en esta embajada presentaban la tasa de cáncer más elevada del mundo.

Más recientemente, se ha especulado bastante sobre la posibilidad de que el famoso síndrome del Golf –extraño conjunto de patologías parecidas a las que padecen los veteranos del Vietnam expuestos al agente naranja, que afectó a unos 20.000 soldados norteamericanos durante la guerra del Golfo– fue causado por cargas de microondas emitidas por la moderna tecnología militar. La inquietud sobre el efecto fisiológico de los radares se extiende a los trabajadores de las instalaciones civiles, sobre todo a los operadores de torres de control de los aeropuertos y a los pilotos. Diversos estudios han manifestado un significativo aumento de defectos de nacimiento en los hijos de los trabajadores de este sector. Otras investigaciones atribuyen a la exposición a las ondas de radar la formación de cataratas, leucémias, tumores cerebrales y degeneración testicular.

Espacio aéreo urbano lleno de todo tipo de antenas de telecomunicaciones. Alrededor d'un 30 % de la població és sensible a les radiacions no ionitzants.

Si bien desconocemos el nivel de radiación que podría considerarse seguro, continuamos exponiéndonos día tras día a infinidad de fuentes electromagnéticas, de mayor o menor intensidad. Todos estamos acostumbrados a la comunicación electrónica procedente de la radio y de la TV, y a usar múltiples aparatos domésticos; no podemos concebir nuestra vida sin el suministro eléctrico; cuando acaece una urgencia exigimos comunicarla inmediatamente; cuando viajamos en avión esperamos, obviamente, no chocar con ningún otro aparato; queremos que los radares militares detecten cualquier agresión a nuestra integridad territorial y física; no ponemos ningún inconveniente a dejarnos examinar con rayos X.

Cuando las radiofrecuencias interceptan un objeto, las ondas electromagnéticas que las forman

pueden reflejase, refractarse, y/o transmitirse a través suyo o ser observados por el. Si este objeto es biológico, la penetración de toda o parte de esta energía puede producir efectos perjudiciales. Según diversos estudios, el límite de los efectos biológicos contraproducentes aparece con una tasa de absorción específica (TAE) del 1 a 4 W/kg. Si se sobrepasa este estándar, las radiofrecuencias pueden interferir con los fenómenos bioeléctricos o alterar la transmisión de información genética. Igualmente pueden producir disfunciones en el sistema nervioso, en el comportamiento, en el aprendizaje, en la actividad locomotriz, en el ritmo del sueño, pueden afectar al encefalograma, alterar la tensión, propiciar taquicardias, afectar a los ojos o provocar alteraciones hormonales.

En cualquier caso, la cantidad de radiación que penetre en el cuerpo dependerá de la proximidad y la orientación de la fuente, la complexión de la persona, la presencia-ausencia de objetos conductores, la frecuencia y la densidad de la potencia emisora. Otra variable a tener en cuenta es el área del cuerpo expuesto, ya que se considera que los ojos, el cerebro y los órganos sexuales son especialmente propensos a padecer efectos anormales a causa de una exposición continuada a las radiofrecuencias.

La falta de regulación en el trazado de las LAT permite casos de autentico cinismo social (aún cuando no exista ningún estudio concluente de los efectos de los campos electromagnéticos sobre la salud).

Las principales fuentes de ondas electromagnéticas de baja intensidad son las líneas de alta tensión, la telefonía móvil y los electrodomésticos (especialmente los hornos).

### *Líneas eléctricas de alta tensión (LAT)*

Las primeras preocupaciones por el efecto de estas líneas sobre los humanos debemos localizarlas en la ex-URSS. Cuando en 1962 se construyeron, en este territorio, las primeras líneas de 500kV se llevó a termino una investigación sobre las afecciones sufridas por los trabajadores de las estaciones transformadoras; unas afecciones que incluían dolores de cabeza, cansancio, malestar o insomnio. Otros estudios similares y casi coetáneos también observaban un aumento de hemoglobina, cambios en la conducta, amnesia y estrés. Los países occidentales rechazaron los extremos esenciales de estos hallazgos.

Durante la década de los ochenta, Nancy Wertheimer y Ed Leeper de la Universidad de Colorado estudiaron la relación entre las defunciones, por cáncer en la sangre y en el sistema nervioso que se habían producido en el área de Denver, y la presencia de líneas eléctricas cerca de las viviendas de los difuntos. Las investigaciones apuntaron que la presencia de campos magnéticos había alterado al funcionamiento del sistema nervioso, las funciones celulares de crecimiento y diferenciación, así como los procesos de sanación normales en estas personas.

No hay nada peor que la divergencia en las investigaciones científicas. Por un lado tenemos las reticencias de los físicos a aceptar que un campo eléctrico o magnético externo al ser humano le produzca alguna perturbación, y las crí-

ticas de las empresas eléctricas que cuestionan la validez de los experimentos considerando el reducido número de casos, la movilidad de las personas a lo largo del día y la actuación simultánea de otros agentes. Por otro, tenemos una sociedad que ha hecho de la electricidad una fuente de energía insustituible.

La energía eléctrica no puede almacenarse directamente. Consecuentemente, ha de transportarse de los centros de producción a los de consumo en una tensión que cuanto más alta, más larga es la distancia del transporte y, por ello, utiliza las líneas de transmisión de alta tensión que cubren centenares de kilómetros, ya que es el método de distribución más económico. Una serie de transformadores reducen el voltaje entre la planta de potencia y el usuario, hasta los 220 voltios domésticos.

La corriente transportada crea un campo eléctrico y uno magnético que se transmite en el espacio inmediatamente desde el conductor como una radiación electromagnética. Estos campos que se generan alrededor de las LAT dependen, entre otras variables, de la tensión de la línea, del grosor de los conductores y de la distancia desde donde se mida. Son fácilmente visibles si, cuando ha oscurecido, conectamos un tubo fluorescente en el suelo bajo una línea de alta tensión. Para soportar la alta

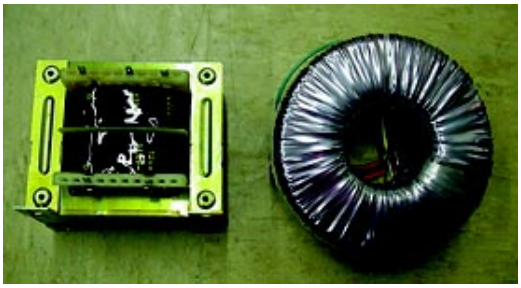
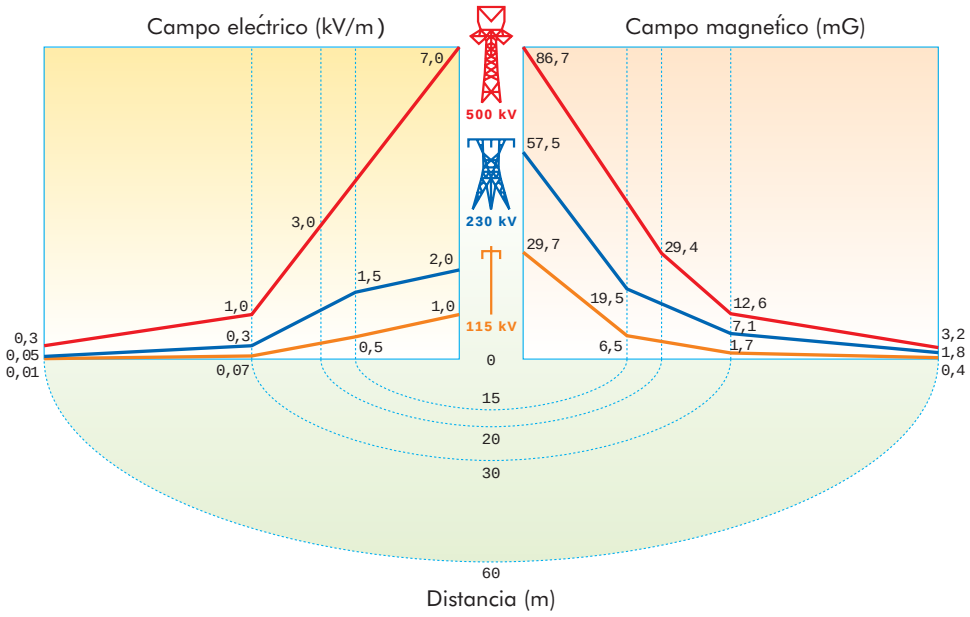


Imagen de un transformador eléctrico convencional a la izquierda y un de tipo toroidal a la derecha. Estos últimos generan un campo electromagnético más débil y son más eficientes energéticamente.




Los campos eléctricos procedentes de las LAT son bastante estables porque el voltaje cambia poco. Los campos magnéticos de la mayoría de líneas, por el contrario, fluctúan enormemente. (10 mG = 1μT).

tensión se usan torres y estructuras de medidas y formas diversas. En general, cuanto más alto es el voltaje, más alta tiene que ser la torre, y según como se halle colocado el cable producirá un campo electromagnético más o menos elevado.

A las líneas de alta tensión se les asocian fenómenos bien curiosos. Desde crujir, hasta generar ruidos secos, silbar, canturrear o crear arcos de cargas invisibles. Se trata de propiedades físicas que se atribuyen a una atmósfera carga-

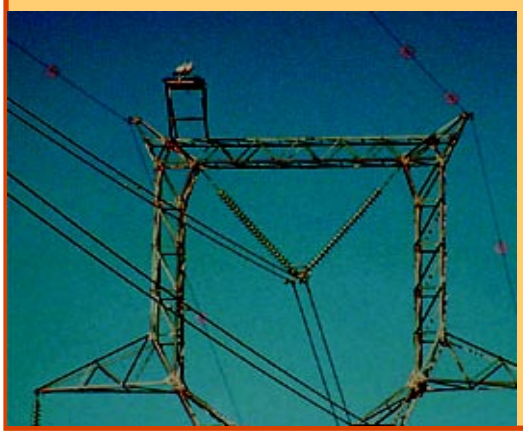
## Vida y muerte en alta tensión

En el Estado español hay 18.500 km. de líneas de alta tensión a 400kV y centenares de millares de mediana y baja tensión (en Sudáfrica, en total tienen unos 255.000km). Esta telaraña de cables y torres se convierte en una trampa mortal para los pájaros y especialmente para las aves de rapiña. El número de colisiones mortales se ha incrementado notablemente en las últimas décadas. Red Eléctrica de España (REE) hizo un seguimiento periódico de 100 km. de líneas de 220-380kV y en un año encontraron 230 pájaros de 53 especies diferentes, ocho de las cuales eran aves amenazadas. El número de pájaros que se calculan electrocutados es de unos tres individuos km/any .

Los datos de los científicos también parecen indicar que las líneas más peligrosas son las de menos de 66kV, es decir, líneas de distribución en las cuales la distancia de los cables y la falta de aislamientos provoca que al empezar el vuelo las puntas de las alas de las aves produzcan un cortocircuito que las electrocuta. En Cataluña, estudios de la Universidad de Barcelona, valoran en unas 3000 las aves electrocutadas al intentar reposar sobre las líneas eléctricas. Para algunas especies el incremento de mortalidad es alarmante: un 50% de la causa de muerte del águila perdicera es por electrocución (pensemos que en Cataluña solo hay 70 individuos –un 10% de la población española).

El fuerte crecimiento de la electrificación rural ha sido la causa de este importante incremento de pájaros electrocutados, situado entre un 30 y un 440% según las especies y la región. Por esta razón la Red Eléctrica de España ha potenciado actuaciones que prevengan tanto el choque como la electrocución en sus líneas. La Diputación de Barcelona ha contratado un estudio para conocer las líneas eléctricas de más riesgo para la fauna en los espacios de "l'Anella Verda". Algunas empresas eléctricas de distribución han adecuado los diseños de las torres para evitar la muerte de los pájaros.

En la otra cara de la moneda se da la paradoja de que estas mismas torres mortales son utilizadas por algunos pájaros como las cigüeñas, los ratoneros o determinadas águilas para construirse el nido. La Red Eléctrica de España, ante este fenómeno, ha tomado medidas para acondicionar las torres que son escogidas año tras año para nidificar con el fin de evitar incidencias en la red. Quizás no sería una mala idea que se realizaran también estudios sobre los posibles efectos de los campos electromagnéticos en la fisiología de los pájaros que nacen en una torre de alta tensión.



*Torre de la REE con un nido artificial.*

**Minimizar el efecto de las LAT sobre la salud de las personas**

Para paliar el efecto de los campos electromagnéticos se puede recorrer a las líneas subterráneas. Pero debemos tener presente, que si bien con el soterramiento se anula prácticamente el campo eléctrico, no ocurre lo mismo con el magnético que se incrementa notablemente y queda más cerca de las personas.
El soterramiento atemoriza a las empresas distribuidoras porque tiene un coste muy elevado (se estima en unas veinte veces superior al de las líneas aéreas) y por sus condicionantes técnicos, ya que hay que sumarle los problemas de aislamiento y de disipación de calor, al no tener el aire como refrigerante. Además, aunque los cables subterráneos son más resistentes que los aéreos, hay quien ya cuestiona la dificultad que podrían comportar las reparaciones. Los expertos en geobiología tampoco lo recomiendan y lo consideran igualmente peligroso. Las compañías eléctricas sólo se plantean soterrar líneas de alta tensión en municipios de más de 50.000 habitantes.
En el ámbito urbano las líneas de alta tensión se pueden canalizar por túneles de servicios subterráneos. Pensemos que sólo en el área de Barcelona las líneas de alta tensión ocupan 10.000 ha. de superficie. No cabe duda que una racionalización del transporte eléctrico podría liberar una gran superficie de suelo para dedicarlo a espacios verdes.
La otra posibilidad para mitigar la exposición a los campos electromagnéticos de la LAT sería incrementar la distancia del corredor de seguridad alrededor del trazado. Existe una propuesta de regulación en el Parlamento de Cataluña que establece una distancia mínima de 400 m por una línea de 400kV y de 33 m para una de 33kV en la cual no hayan casas o actividades humanas.
Agrupar las LAT a través de los pasillos existentes en lugar de abrir nuevas rutas así como incrementar la capacidad de las líneas actuales se señalan como otras medidas razonables.
No debemos olvidar que la intensidad del campo magnético debajo de las líneas es diez veces inferior a las recomendaciones por no superar los 100 μ Teslas. El problema es que los datos científicos corroboran efectos biológicos en campos a partir de 0,2 μT.

da eléctricamente como la de alrededor de las LAT. Uno de los más conocidos, el efecto corona, se presenta en la capa inmediata del entorno de los conductores y puede hacerse visible en la oscuridad como un "arco luminoso".

El efecto corona va acompañado de una cierta producción de ozono tóxico que puede irritar las mucosas de la vista y del sistema respiratorio. Otra consecuencia de una atmósfera cargada es la ionización del aire.

La pugna por la posible nocividad de las LAT sobre los seres vivos se ha desplazado a menudo al ámbito de la estética paisajista. Se acusa a las LAT de "romper la integridad territorial del paisaje" y molestar al ciudadano porque le somete a una sensación de pequeñez. Es perfectamente criticable que la gran extensión de líneas crucen espacios naturales con un valor natural innegable. De ahí que se hayan producido manifestaciones y protestas en zonas de Madrid, Cataluña, Aragón, el País Vasco y Murcia. Es evidente que a menudo existen alternativas de trazado que alejen las líneas de alta tensión de los núcleos rurales y no estropeen paisajes cualificados.

El impacto directo en el medio físico es incuestionable. En primer lugar, por la deforestación que debe hacerse debajo del trazado, el cual según la tensión de la línea puede llegar a ser de 50 m de lado a lado. También hay que considerar el riesgo de incendio forestal por cortocircuitos. Recordemos que los incendios de 1996 en la comarca catalana del Bages fueron causados por una línea de distribución en mal estado. Finalmente, debemos añadir la mortalidad por electrocución que causan sobre los pájaros.

**Funcionamiento de una torre celular**

Las torres celulares emisoras-receptoras son las estaciones base para dar cobertura a la telefonía móvil. Transmiten dentro de la banda de microondas, mandan la conversación telefónica de un usuario a la torre más próxima. Las antenas, generalmente muy direccionales, no emiten la misma intensidad de ondas en todas las direcciones. El hecho de estar colocadas en lugares elevados o en los tejados de los rascacielos urbanos para captar mejor las transmisiones contribuyen a la polución electromagnética.

Las torres de telefonía móvil situadas en áreas remotas necesitan obviamente más potencia para cubrir una distancia superior que las localizadas cerca de los núcleos urbanos. La falta de regulación específica para las ciudades favorece la instalación de un mayor número de antenas aunque sean de menor potencia. El incentivo económico ofrecido a los vecinos es un caramelo envenenado. La intensidad de la radiación, sin embargo, disminuye con la distancia en un valor que es el cuadrado de ésta. La implantación de la llamada telefonía RNU (Radio Network Unit) para transmisiones parecidas a las líneas RDSI, así como la radiotelefonía de banda ancha de 3,5GHz añades nuevos tipos de antenas. La proliferación de torres de telefonía móvil, a parte de un potencial problema de salud pública, también es un elemento que altera el paisaje urbano y puede causar interferencias en aparatos eléctricos. La liberalización de las telecomunicaciones ha propiciado el caos y la competencia entre las compañías para disponer de las propias antenas. La ciudad belga de Namur se ha convertido en la primera gran localidad de Europa en limitar las instalaciones de antenas de telefonía móvil. Actualmente, algunos municipios catalanes están estudiando normativas para regular la ubicación de antenas emisoras-receptoras en los tejados de las casas. En Cataluña proponen 250m para antenas de más de 1MW. En Melbourne proponen que en zonas urbanas se establezca una distancia mínima entre antenas de 500m.

*Las antenas*

Juntamente con las LAT, las antenas de radio y de TV están dentro del espectro electromagnético de las radiaciones menos energéticas (de frecuencia más baja) y, por tanto, las que tienen unos efectos biológicos menos perjudiciales. A pesar de que requieren mucha potencia para funcionar, acostumbran a estar ubicadas en áreas elevadas (el caso de los transmisores de FM o de TV) o en los valles (transmisores de AM), hecho que mitiga su intensidad. La propagación desde el centro emisor a los receptores sólo necesita el aire; pero la comunicación será más o menos idónea según el espacio intermedio (la curvatura de la tierra, la composición del suelo, la climatología, el magnetismo terrestre) y de la eficacia de las antenas emisoras-receptoras.

A las antenas ya existentes, se están añadiendo, aceleradamente, las antenas celulares de la red de telefonía móvil. La telaraña de antenas en las ciudades es una fuente importante de contaminación electromagnética. El hecho que en el futuro las telecomunicaciones se puedan establecer a partir de una red de satélites de baja órbita puede incrementar el problema de proliferación de antenas, si desde las instancias gubernamentales no se actúa con sensatez. Es difícil determinar la cantidad de energía a la cual podemos exponernos, existen unos estudios publicados que asegu-

Un repetidor de telefonia móvil trabaja entre 40 y 320 W de potencia. Se recomienda que no haya habitantes a menos de 25 m del emisor.

ran que había una tasa anormal de leucemia infantil en barrios próximos a centros emisores de televisión con valores de 0,0002 y 0,0008 mW/cm2. Una antena emisora-receptora nos expone a una densidad de potencia de 0,0003 mW/cm2 a 150m. pero justo a pocos metros del enclavaje las medidas son 0,6mW/cm2. La exposición a microondas más estándar recomienda no superar la cifra de 0,1mW/cm2(=1 W/m2) en frecuencias de entre 30 MHz y 100GHz.

*Telefonía móvil*

En menos de una década los teléfonos móviles han pasado de ser un símbolo de los ejecutivos a un objeto de moda entre los adolescentes. Hoy, el 38% de los españoles disponen de un teléfono móvil. Durante el año 2000 se alcanzarán los 19 millones de aparatos, una cifra que superará los 17,9 millones de líneas de telefonía fija instaladas en nuestras casas.

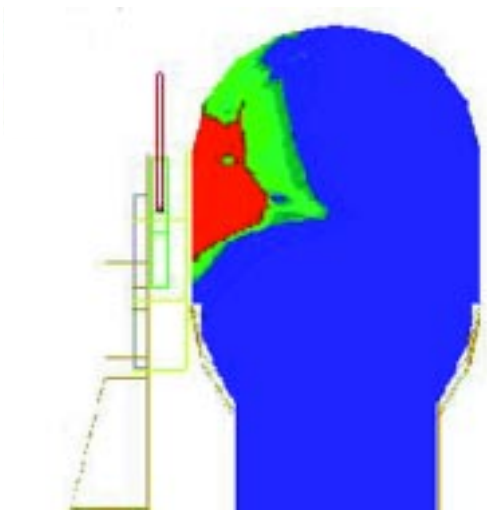
Los teléfonos móviles actuales emiten en la frecuencia de 800-900 MHz (analógicos) o bien de 1.800-2.200 MHz (digitales en UHF) y tienen una potencia eléctrica según los modelos entre 0,6 W y 2,0W. Los nuevos teléfonos digitales GSM emiten una serie de pulsos de radiofrecuencia de 546 μs en un intervalo de 217Hz (en otras palabras, ondas que golpean intermitentemente el cerebro 217 veces por segundo) la cual se ha demostrado que es biológicamente más activa que la de los teléfonos analógicos.

La energía emitida por un teléfono móvil (llamada SAR-Specific Absorption Ratio-y medida en Watts por quilo de tejido vivo irradiado) varía según los modelos y la metodología de medición. Por ejemplo, el conocido Motorola Star Tac emite solo 0,33 W/kg.; en cambio otros modelos como el Nokia 8110 es de 0,73 W/kg. Muchos modelos oscilan entre 0,90 y 1,33 W/kg. En el Reino Unido el estándar de emisión para los móviles es de 1.0 W/kg. mientras que en Estados Unidos es de 1.6 W/kg. En el mercado se encuentran modelos que pueden llegar a 2.67W/kg. Aún cuando la SAR de un móvil debe tomarse con precaución respecto al riesgo biológico que éste puede producir, es un dato que nos puede permitir saber con que prudencia debemos emplear nuestro móvil o del modelo que escogeremos. Lamentablemente, los fabricantes no suministran este dato.

El potencial de riesgo biológico causado por los móviles tiene mucho que ver con el hecho de que nuestro cerebro se comporta y actúa como un emisor de ondas electromagnéticas a 10 Hz (por esto nos pueden hacer un encefalograma). Así pues, colocarse un potente emisor electromagnético en la oreja como la antena de un móvil no puede, de ningún modo, resultar inocuo.

Poco podía imaginarse que las ondas elec-

La penetración de las ondas de un móvil de 900 MHz es de unos 3 cm dentro del cerebro. En esta imagen se simulan los efectos de la antena de un móvil en el cráneo humano.



tromagnéticas de estos aparatos, que ya pesan menos de 200 gramos, pudiesen tener una influencia sobre la biología celular de las personas.

La alerta sobre los efectos negativos para la salud humana se ha generado a partir de diversos estudios epidemiológicos hechos es Suecia, el Reino Unido y en los EUA así como a partir de las denuncias efectuadas por familiares de personas afectadas por diversas patologías e incluso de cánceres que estaban expuestos muchas horas a la radiación de los móviles.

Si bien los datos no son concluyentes, diversas investigaciones independientes atribuyen a los móviles disfunciones no térmicas que van desde la pérdida de memoria hasta la modificación del ADN de las células y a la aparición de tumores cerebrales en las personas que utilizan frecuentemente el aparato. El problema es que el cáncer tarda años en aparecer y además puede darse que su aparición tenga más a ver con determinados estilos de vida que al uso continuado del móvil. De todas formas, la aplicación continua de microondas en la cabeza es susceptible de introducirle cambios a largo plazo.

La mitad de la radiación que emite un móvil es absorbida por la piel y el cráneo mientras que el resto va a parar al cerebro, que lo absorbe. Lo que se desconoce es qué cantidad de energía de las microondas es potencialmente peligrosa para los hombres. El hecho de que los fabricantes de telefonía móvil eludan el tema afirmando que sus productos son totalmente seguros y que no publiquen las cifras de radiación de distintos modelos no favorece la investigación.

Curiosamente, los móviles que emiten unas radiaciones menos potentes son aquellos que tienen la antena más separada del aparato, o un teléfono móvil con un sistema de “manos libres”. Estos últimos cuentan con un auricular y un micrófono conectados al aparato, hecho que permite mantenerlo dentro de una bolsa.

Mientras no exista unanimidad científica sobre el riesgo que pueda comportar el uso del móvil para la salud humana, lo más acertado es tomar algunas precauciones para evitar la proximidad de estos a partes vitales del cuerpo humano.
Por otra parte, las interferencias que provocan estos aparatos hacen necesario que se limite su uso a determinadas situaciones.

RAMON CURTO/EL PERIÓDICO DE CATALUNYA

Las autoridades gubernamentales de bastantes países han empezado a manifestar su voluntad de regular las emisiones electromagnéticas que se reciben, incluidas las de los móviles. La Unión Europea, por ejemplo, ha empezado a legislar en esta materia publicando varias recomendaciones. Salvo los reactivos nucleares y los aparatos de rayos X, los cuales forman parte del tratado internacional Euratom, ningún país de la UE disponía de una normativa para regular los límites tolerables. Las recomendaciones europeas, sin embargo, han resultado ser tan poco restrictivas que, mientras los científicos no nos proporcionen más datos, es mejor que el mismo usuario se autorregule en la utilización del móvil y que no haga un uso superfluo de éste.

*Los hornos microondas*

Emiten ondas en una frecuencia que varia entre 915 y 2450 MHz, pero mil veces más potentes, y diseñados para actuar sobre las moléculas del agua de los alimentos y generar el calor que los calienta. Por otra parte, el potente generador eléctrico de los microondas emite un importante campo electromagnético. Por más sofisticado que sea el horno es prácticamente inevitable que se produzcan escapes de ondas. Por tanto se impone la recomendación de no estar en la cocina cuando se use.

Los resultados más comunes de los estudios clínicos muestran que las afecciones atribuidas a las ondas incluyen ciertas alteraciones neurovegetativas (cansancio, astenia, insomnio, taquicardias, pérdida del hambre) y diversas manifestaciones hematológicas (incremento de la globulina plasmática y del colesterol).

Tampoco faltan investigaciones que indican la desnaturalización de la comida cocinada en el microondas, la cual contiene menos hemoglobina, más hematocritos, más leucocitos y colesterol. La leche pasada por el microondas tiene más acidez y menos proteínas, y la leche de lactancia recalentada en ellos pierde anticuerpos y proteínas encargados de inhibir el crecimiento de las bacterias.

*La luz visible*

La luz también es una onda; de hecho, es la única que puede ser captada por el ojo humano. Está situada entre las microondas, antes mencionadas, y la radioactividad. La energía de la luz visible puede ocasionar efectos electroquímicos y térmicos.

La luz visible se emplea en una terapia alternativa (colorterapia) mediante la cual se somete al paciente a una estimulación de diferentes combinaciones de colores.

Al lado de la luz del Sol tenemos las radiaciones infrarrojas, que generan los sistemas de calefacción, las secadoras, las tostadoras, las cocinas, etc. Según los estudios realizados hasta la actualidad se les atribuye únicamente un efecto térmico. Sin embargo, en caso de exposiciones reiteradas, pueden producir lesiones de córnea o quemaduras.

En el umbral de las radiaciones ionizantes y después de la luz infrarroja, tenemos las ondas ultravioletas, las cuales tienen suficiente energía para traspasar la epidermis y pueden lesionar la

A una distancia de 5 cm el campo magnético de una fotocopiadora es de unos 4.000 nanoteslas (μT). Algunos secadores para el cabello alcanzan 1.500.000 μT.

En Cataluña existen 2.500 antenas de telefonía en los próximos años se alcanzarán las 7.000. Los operadores intentan camuflar las perturbaciones que causan a la vecindad.

red capilar y las terminaciones nerviosas. Más concretamente, las radiaciones ultravioletas pueden generar efectos fotoquímicos (oscuridad de la piel, eritemas, edemas, pigmentación, lesiones en el ojo), deficiencias immunológicas (reducción del número y funciones de las células de Langerhans en la piel y cambios en la distribución de linfocitos) y trastornos crónicos (pérdida de elasticidad, queratitis actínica, cataratas, etc.). Por ello, debemos evitar la exposición frecuente a los aparatos de UVA y tomar el Sol sin protecciones. También debemos evitar deslumbrarnos con el *flash* de las fotocopiadoras e instalar balastos electrónicos en los tubos fluorescentes ya que eliminan el centelleo; a 20-30.000Hz el tubo no se apaga.

Buena parte de estas radiaciones se pueden mitigar actuando simultáneamente sobre la fuente (diseño adecuado de las instalaciones y de las pantallas), sobre el ambiente (recubriendo con antirreflectantes las paredes) y sobre las personas (utilizando protectores oculares o protectores de piel).

La progresiva disminución de la capa de ozono propicia que los rayos que penetran en nuestro organismo sean cada vez más peligrosos.

## Alternativas a la contaminación electromagnética

Una parte importante de nuestro actual estilo de vida se basa en la tecnología eléctrica y en las telecomunicaciones. La demanda eléctrica se ha multiplicado por 5 en los últimos diez años y la red de distribución en alta tensión ha crecido un 30%. El número medio de aparatos eléctricos en una casa es aproximadamente de 35. Es evidente que nos encontramos sometidos a una contaminación electromagnética que, a pesar de no conocerse en profundidad, ha empezado a mostrarnos el riesgo que comporta para la salud.

El espectacular incremento de la tecnología del microchip ha sido la clave para el desarrollo de la informática y las telecomunicaciones. La llamada telefonía móvil de tercera generación con funciones multimedia, que ya se encuentra en fase de pruebas, abre un escenario que sin duda puede cambiar nuestro estilo de vida si no actuamos cuerdamente.

La alternativa real a los campos electromagnéticos por parte de las líneas eléctricas, tanto de transporte como de distribución, no es tanto soterrarlas (que también hay que hacerlo), como apostar por la producción local y doméstica de energía. En una población cada vez más concentrada en áreas urbanas la tecnología fotovoltaica ofrece la posibilidad de contribuir a generar electricidad renovable que por una parte minimice las emisiones de carbono a la atmósfera y por otra parte estabilice la demanda externa de energía. A la vez, una central de energía fotovoltaica doméstica propicia el hábito de racionalizar el consumo introduciendo medidas de ahorro y eficiencia energética. Es una lástima que ningún organismo estudie los beneficios de una instalación masiva de kilovatios solares y de un nuevo modelo descentralizado de distribución masiva de la electricidad como la actual. Un nuevo modelo energético en el cual los muni-

## ¿Cómo se miden?

En medio de esta exposición constante al electromagnetismo, algunas empresas han empezado a diseñar unos pequeños instrumentos asequibles a los aficionados que miden, de manera orientativa, los campos electromagnéticos. Por un precio que puede oscilar entre las 8.000 y las 50.000 pesetas, tenemos la posibilidad de conocer si vivimos en una casa excesivamente contaminada. Estos aparatos portátiles marcan la distancia adecuada para vivir cerca de una línea eléctrica de alta y baja tensión o de unos transformador, la radiación que emite el monitor del ordenador, la TV, y otros electrodomésticos.

El primer medidor que se introdujo en el mercado fue en el año 1990 se llamaba KombiTest. El aparato, diseñado en Alemania, tenia la función de detectar campos eléctricos y magnéticos. Llevaba incorporado una señal óptica y acústica que iba subiendo de tono y luminosidad de forma proporcional a la intensidad del campo en cuestión. O sea, unas prestaciones similares a las de los medidores actuales, pero más caro por tratarse de una novedad.

Según la opinión de Josep Viver, responsable de la empresa Elektron (dedicada a las energías renovables y a la medición ambiental), el medidor más extendido es el Cellsensor, que se encarga de detectar los campos electromagnéticos que emiten los electrodomésticos, los transformadores y las LAT, y también la radiofrecuencia y las microondas de las emisoras de radio y TV, de los repetidores, teléfonos móviles y hornos. Cuenta con dos escalas: una para medir el campo electromagnético que va de 0 a 5 miliGauss y otra para verificar las radiofrecuencias que oscilan entre 0 y 1 miliWatts/cm$^2$. Su funcionamiento es muy simple: se reduce a apretar un botón para activarlo e ir desplazando la sonda que lleva incorporada para localizar los campos. Una señal óptica y acústica nos avisa cuando superamos el umbral recomendable.

Otro aparato conocido es el SFT-1 que mide el campo eléctrico del ambiente a causa de la presencia de voltajes de corriente alterna. Cuando dentro de una casa hay un cable eléctrico poco aislado, algunas zonas de la pared pueden emitir campos eléctricos. La SFT-1 también puede detectar las cargas electrostáticas, unas cargas que acostumbran a generar algunos tipos de materiales como la moqueta del suelo, algunos plásticos, el calzado o la ropa sintética. A diferencia de la corriente eléctrica que desaparece cuando desconectamos el aparato, las cargas estáticas se acumulan en el cabello o en la ropa. De ahí viene que a veces, cuando tocamos algunos materiales, nos de un calambre.

Cuando en una casa o en un local funcionan diversos electrodomésticos a la vez, los efectos de los campos se sobreponen y pueden distorsionar la medida. Siempre podemos encargar a una empresa especializada o a un geobiólogo que nos lo mida y nos interprete los resultados. A menudo, cambiando la distribución de algunos muebles, podemos mitigar enormemente las radiaciones.

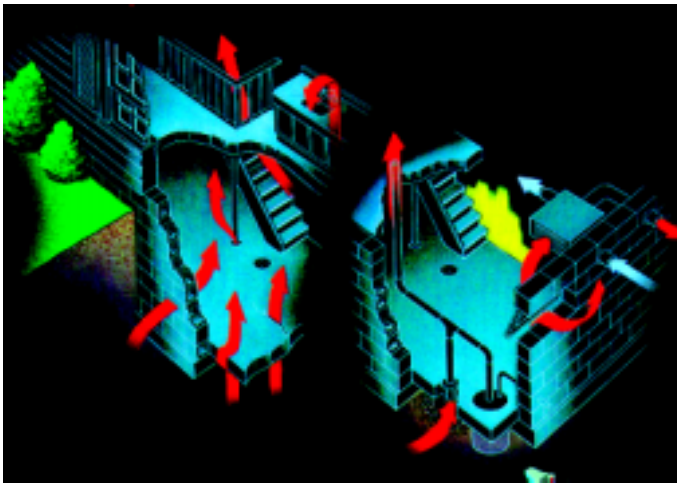
La cantidad de medidores de radiaciones que actualmente se puede encontrar en el mercado es importante. Podemos fácilmente adquirir desde contadores Geiger que determinan la radioactividad ambiental o de los materiales. Geomagnómetros que miden las variaciones de los campos magnéticos del planeta cuando nos desplazamos de un país a otro.

Ciertamente hay instrumentos de medida del electromagnetismo y de radiofrecuencia mucho más sofisticados y precisos que no están al alcance de un particular.

cipios tengan un papel más relevante como gestores energéticos.

Respecto a las telecomunicaciones por ondas, se hace necesario no sólo una regulación sino también una gestión de las redes de antenas emisoras-receptoras u otros equipos ya sean satélites u otras estructuras, con plenas garantías gubernamentales (podemos imaginar lo que sucedería si cada compañía aérea pretendiera controlar sus aviones en vuelo!!). El actual desenfreno liberalizador de la telefonía supone una malversación de recursos naturales y económicos y nos somete a fuertes dosis de microondas que interfieren con nuestra fisiología electromagnética. Es necesario establecer un etiquetado que obligue a los fabricantes a declarar la energía emitida por los móviles y los aparatos eléctricos en general así como establecer estándares de seguridad. También sería necesario incrementar los recursos para investigar los efectos del electromagnetismo sobre la salud de las personas. Finalmente, deberíamos hacer una reflexión personal y colectiva sobre la necesidad de estar atados permanentemente al cordón umbilical de la telefonía móvil, teniendo en cuenta el riesgo, aunque por ahora aún sea poco conocido.

Tenemos evidencias científicas del riesgo que comporta la exposición a las radiaciones no ionizantes. Quizás por una vez, deberíamos de no ser negligentes y prevenir antes que sea demasiado tarde. Quizás no deberíamos de permitir llegar al preocupante deterioro ambiental como nos ha sucedido con el uso indiscriminado de los combustibles fósiles, obviando el efecto invernadero que conllevan las emisiones de carbono a la atmósfera.



No podemos verlo, olerlo ni catarlo, pero el gas radón aporta la mayor parte de la dosis de radiación natural que recibimos. Se infiltra en nuestras casas a través de los poros de las paredes, las grietas del suelo, las cañerías, el gas natural. La mejor medida es ventilar las habitaciones.

## Radiaciones ionizantes: la radioactividad natural

De la misma forma que, actualmente, la comunidad científica no se pone de acuerdo sobre la nocividad de las radiaciones no ionizantes, nadie duda de la nocividad de las

IMAGE BANK. Joanna MacCarthy

Los trabajadores de las estaciones de radar fueron los primeros en padecer los efectos de las mircroondas.

ondas radioactivas; unas ondas que tienen suficiente energía como para arrancar electrones negativos de los átomos, convertirlos en iones con carga positiva y, consecuentemente, alterar el equilibrio biológico.

La radioactividad procede de esta desintegración natural o artificial de los átomos. Esta última es la que se produce en las centrales y en los cementerios nucleares, así, como también, en los aparatos de rayos X, los escaners, en determinadas pinturas, los tubos de rayos catódicos (como los utilizados en las pantallas de TV o en los monitores del ordenador) o los materiales de construcción (granito, cerámicas, gres, pizarras) entre otros.

Respecto a la radioactividad natural, puede provenir de la radiación cósmica o del subsuelo. La cósmica tiene, obviamente, distintos efectos según la altitud. Los pilotos y el personal auxiliar que vuelan habitualmente a altitudes de 9.000 metros presentan una dosis extra de radioactividad y el riesgo de contraer enfermedades degenerativas es superior.

Dentro de la radioactividad que proviene del substrato geológico encontramos el gas radón. Se trata de un gas natural incoloro, inodoro, e insípido que se acumula en las aguas subterráneas y se considera la causa principal de contaminación en el aire del interior de las casas y del agua corriente. En los núcleos urbanos tiende a acumularse en espacios bajos y cerrados, como los subterráneos, los garajes, las minas o las bodegas. El efecto del gas radón se acentúa en los edificios modernos totalmente climatizados, de acero o cristal, donde casi no hay ventilación exterior. En el Estado español, las zonas más afectadas son Galicia, Madrid, Salamanca y Gerona a causa de su suelo de granito, una fuente muy importante de emisión de gas radón.

Según la Agencia del Medio Ambiente norteamericana (EPA), el radón es el segundo causante de cáncer de pulmón después del tabaco. El hecho de que cause, según las investigaciones de esta agencia, unos 20.000 muertos al año, ha llevado a que algunos estados empiecen a concienciarse de la necesidad de regular la cantidad de este gas en las viviendas.

## Normativa sobre la exposición en los campos electromagnéticos

En España no existe ninguna normativa que regule la protección de las personas a la exposición de los campos electromagnéticos. Sin embargo, hay

### La geobiología, una ayuda para un nuevo estilo de vida

La geobiología* recoge los profundos conocimientos de la sabiduría tradicional, y uniéndolos a los avances científicos más recientes, centra su interés en el estudio de los seres vivos (especialmente las personas) y las radiaciones que emanan de la tierra, las radiaciones cósmicas, las generadas por la actividad humana y el resto de factores de riesgo del entorno que solos o con sinergia atentan contra la salud.

Abarca temas tan amplios como el exhaustivo examen del terreno para edificar una vivienda, los materiales más saludables evitando aquellos que son tóxicos o pueden ser peligrosos a corto o largo plazo para los residentes.

Algunos de los ámbitos actuales de estudio de la geobiología son la bioconstrucción, el electromagnetismo, la arquitectura y los lugares sagrados, la radiestesia y las prospecciones, la vigilancia radioactiva y las energías renovables.

Una asociación sin afán de lucro, GEA ofrece asesoramiento y trabaja a favor de la salud del hábitat desde 1990.

** La Universidad Politécnica de Cataluña organiza un curso de posgrado de esta materia.*

*1. Recomandación 1999/519/CE del 12 de julio publicada en el Diario Oficial L 199 de 30/07/99.*

una recomendación de la Comisión de las Comunidades Europeas aprobada en 1999 relativa a la limitación de la exposición de los ciudadanos a los campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz[1].

Respecto al impacto de las líneas de alta tensión, hay una propuesta normativa en estudio con la intención de garantizar la protección de las personas, minimizar el impacto paisajístico, el riesgo de incendios y la protección de la avifauna.

En el plano internacional existen algunas recomendaciones, entre las cuales destacan las de la IRPA (International Radiological protection Association) que depende de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esta entidad propone limitar la densidad de corriente inducida por campos electromagnéticos externos a 1 $mA/m^2$ como factor de seguridad (las corrientes endógenas del cuerpo humano son del orden de 10 $mA/m^2$). También propone que los trabajadores no se expongan a campos con una intensidad superior a 10kV/m y 500μT durante la jornada laboral y para el público en general, no debe superar en todo el día los 5kV/m y 100 μT (los valores del campo eléctrico y magnético de una línea de alta tensión de 400 kv. son de 3kV/m y 3μT). Recordemos que el incremento de riesgo para la salud se duplica a partir de 0,1 μT y se cuadriplica en los 0,3 μT.

En cuanto a la dosis de absorción provocada por los microondas (SAR) y en concreto por los teléfonos móviles, las recomendaciones fijarían una restricción a la exposición profesional de 0,4 W/kg.

El campo magnético causado por aparatos domésticos en una casa se sitúa entre 0,5 y 4 mG (los estudios epidemiológicos detectan efectos sobre la salud a partir de 2-3 mG). Hay aparatos caseros como un secador o una máquina de afeitar eléctrica que generan una intensidad entre 200 y 400 mG. Una vez más el tema es la dosis que recibimos, en otras palabras seria como preguntarnos cuanto tiempo podemos soportar el dedo en la llama de un encendedor antes de percibir una lesión dérmica.

Sea como fuere, en el futuro deberemos hacer un esfuerzo para establecer mayores niveles de precaución y prudencia.

## Más allá de la evidencia

La biología humana es de naturaleza eléctrica y algunos órganos generan ondas electromagnéticas. La investigación científica de estas últimas décadas ha aportado datos que demuestran que algunos de los conocimientos empíricos o filosóficos de otras culturas pueden ser reales.

El flujo de energía, según los chinos, entre el ying, la energía con carga negativa en el sentido magnético y el yang, la energía con carga positiva en el sentido magnético, explica los efectos que nos producen las energías electromagnéticas del entorno, tanto en general como especialmente de los árboles y las plantas.

Tubos fluorescentes encendidos por la energía del campo electromagnético de una torre de alta tensión en una acción de protesta de la Coordinadora contra el electromagnetismo en verano de 1999.

Un determinado diseño arquitectónico que inexplicablemente hace que no prospere ningún negocio o en el cual las personas incrementan su violencia se puede corregir con el arte milenario del *feng shui*, pero un detector de campos electromagnéticos podría también revelar alguna fuente potente que altere las energías del espacio y afecte a sus inquilinos.

Las imágenes del contorno de la energía de los seres vivos obtenidas con la cámara Kirlian se considera una visión imperfecta del aura estudiada por los monjes tibetanos y los filósofos esotéricos. De hecho, el trabajo médico de la acupuntura estimula o corrige la propia bioelectricidad y modifica el aura.

La comunicación telepática totalmente aceptada por la ciencia oficial, a pesar de ser una gran desconocida, evidencia que nuestro cerebro es capaz (en determinadas personas) de emitir los pensamientos o una conversación en forma de ondas electromagnéticas.

La intuición de los Chacras o centros espirituales de energía (verdaderos sentidos de nuestro cuerpo energético) descritos también como centros magnéticos vinculados a glándulas de secreción interna puede que no sea tan esotérica como parece a simple vista. Ya hemos visto que algunas patologías causadas por la exposición a los campos electromagnéticos de radiaciones no ionizantes afectan directamente a algunas glándulas claves en la producción de hormonas vitales.

La civilización occidental a la cual pertenecemos ha hecho de la vista el principal sentido para vivir la realidad. Por esto hemos jugado con tanta irresponsabilidad con la energía nuclear y ahora lo hacemos con las radiaciones no ionizantes.

La radioactividad o las radiaciones ionizantes, aún no siendo visibles ni detectables por nuestros sentidos, dejan un cruento impacto sobre los tejidos biológicos. Las radiaciones no ionizantes o el electromagnetismo en particular actúan con sutil invisibilidad y sus efectos no dejan una huella definida.

Más allá de la sensibilidad que cada persona pueda tener delante de un campo electromagnético existe un efecto acumulativo que dificulta describir una relación causal. Quizá por ello, nuestra ceguera orgánica frente la contaminación electromagnética nos debería hacer más prudentes y menos soberbios.

Las primera evidencias (aunque contradictorias y desde el punto de vista científico estricto no concluyentes) de la inocuidad de las radiaciones no ionizantes nos debería hacer más abiertos a las tradiciones milenarias que describen la naturaleza humana como a algo más que un ente carnal.

Demasiado a menudo Occidente ha rechazado algunos conocimientos tachándolos de esotéricos. Desde la transmutación de los minerales hasta el cuerpo astral nos pueden parecer sorprendentes, pero pensemos como nos lo parecen también las proezas de los chips o la manipulación atómica con la nanotecnología (otra amenaza potencial para la seguridad de las personas). La preocupación por el electrosmog debería llenarnos de voluntad para reflexionar y actuar para que no perjudiquemos lo más precioso que tenemos como seres vivos: nuestra energía conectada a la de todo el planeta dentro de un mismo sistema de relaciones cibernéticas tal como se puede deducir de la teoría Gaia. ❑

**Conversión de unidades**

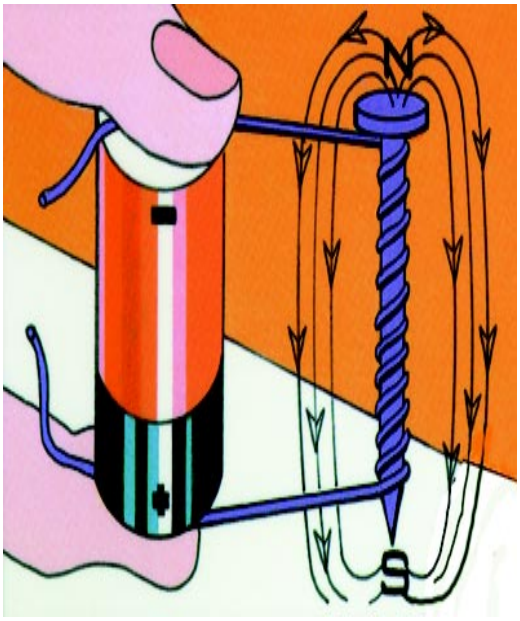
**1 tesla = 10.000 Gaus**
**1μT (microtesla) = 10 mG (miliGauss)**
**1 mG = 80 mA/m (miliamperio/metro)**

NOTA: Las actividades experimentales de este monográfico han sido seleccionadas y adaptadas del libro de Rudolf F. Graf, Safe and Simple Electrical Experiments, New York: Dover Publications, Inc.,1964.

*El electromagnetismo es una contaminación invisible para nuestros sentidos. Por ello, creemos que la única forma de sensibilizarse es reproducir pequeños experimentos que nos permitan apreciar el poder de las microondas.*

*Creemos que la mejor manera de propiciar actitudes más racionales es fomentar el uso de aparatos que emitan menos ondas electromagnéticas y hacer que esta fuerza sea visible a nuestros ojos.*

## Hagámoslo visible




### Experimentar con el electromagnetismo

Diáriamente, sin darnos cuenta, nuestro cuerpo experimenta efectos de las microondas y percibe la electricidad en los propios tejidos y células. Fenómenos que, sin embargo, puesto que escapan a nuestros sentidos creemos que la mejor actividad de educación ambiental puede ser evidenciar, en formato de pequeños experimentos, el poder del electromagnetismo.

Probablemente, y con una mirada rápida, podemos pensar que se trata de unas prácticas más propias de las ciencias físicas. Puede ser, incluso, que en algún momento los alumnos ya las hayan hecho. Nuestra propuesta en este caso es insistir en que los pequeños experimentos propuestos se planteen como una simulación de lo que en realidad nos puede suceder a nosotros, ya que somos seres eléctricos.

Luigi Galvani, hacia 1780, observó la contracción de las patas de una rana tocándoselas con dos metales diferentes, el cobre

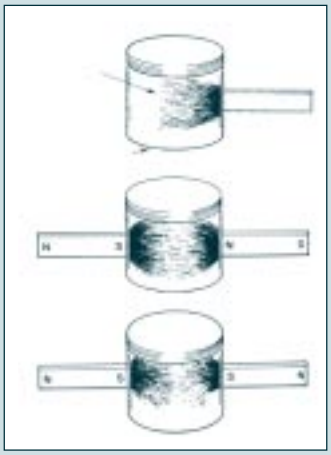
y el hierro. Han pasado más de 200 años y nos encontramos ante una nueva encrucijada: comprender nuestra naturaleza energética de la cual hoy ya tenemos evidencias con las fotografías hechas a través de la cámara Kirlian. De todas formas, todavía nos queda mucho camino. Los experimentos que a continuación os proponemos deberían servir para hacernos menos asépticos ante nuestra propia naturaleza humana.

### Mostraremos el campo electromagnético en tres dimensiones

Con este experimento queremos demostrar que el magnetismo afecta a las tres dimensiones y por tanto sus efectos sobre nuestra salud, cuando tienen una intensidad elevada, va más allá de lo que nos puede hacer una simple quemadura que afecte solo la piel. Cogemos el hierro en polvo y lo ponemos dentro del recipiente. Después le añadimos el aceite hasta casi al borde y tapamos bien el recipiente. Agitaremos vigorosamente el recipiente para que se mezcle el metal con el aceite.

*Material necesario*

•Un recipiente de cristal o de plástico transparente.
•Aceite de mesa (cantidad suficiente para llenar el recipiente).
•Hierro en polvo
•Uno o dos imanes permanentes.



El material se distribuirá por si mismo a través del aceite. Colocaremos un polo del imán cerca de un lado del recipiente. Las partículas se alinearan cerca del polo imantado y formaran un campo magnético. Repetiremos el experimento usando el otro polo del imán y podemos observar exactamente el mismo resultado. Seguidamente, si utilizamos dos pequeños imanes y los sostenemos uno a cada lado del recipiente; las partículas ferrosas se distribuirán alrededor de los dos polos del imán. El resultado que obtendremos dependerá de si tenemos polos que se dan la cara y se atraen o se repelen entre ellos.

En el caso que tengamos un polo positivo y uno negativo, las partículas metálicas mostraran muy claramente la atracción entre ellas; si tenemos dos polos positivos o dos de negativos, la tendencia será de apartarse todo lo que les sea posible. (Guardaremos el recipiente con los ingredientes, aceite y partículas de hierro, para realizar posteriores experimentos. Debemos tener presente que deberemos agitarlo siempre que lo queramos utilizar)

### Construir un electroimán

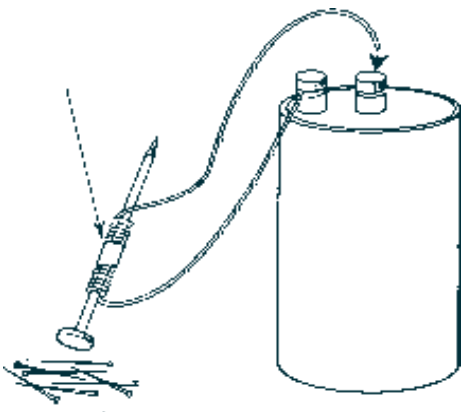
La idea del electroimán nos puede servir para ilustrar una propiedad del magnetismo: que se puede activar temporalmente sólo cuando hay una corriente eléctrica que lo active. Algunas exposiciones a las que podemos estar sometidos, aunque sean efímeras, como veremos, también causan los mismos efectos que el magnetismo permanente. Empecemos por enrollar unos 50cm de cable eléctrico alrededor del clavo. Mantengámoslo enrollado capa a capa, siempre en la misma dirección, hasta que quede una cabeza. En este momento, os aconsejamos que lo recubráis con algun

*Material necesario*

- Un clavo (de 7 cm de largo).
- Tres metros de cable de cobre aislante.
- Una pila de nueve voltios.
- Algunos clips, chinchetas, llaves, u otros pequeños objetos metálicos.

aislante para que no se desenrolle. Frotaremos el aislante desde los dos extremos del cable, y conectaremos un extremo con uno de los terminales de la pila.

Pasemos el electroimán por encima de una pequeña dispersión de chinchetas o clavos y damos unos pequeños golpes con el otro extremo del cable de cobre sobre la otra terminal de la batería. Las chinchetas saltaran hacia uno o hacia los dos extremos del clavo enrollado con el cable. Si sacamos el cable del terminal de la batería las chinchetas caerán inmediatamente al suelo. Puede ser que solo una esté imantada.



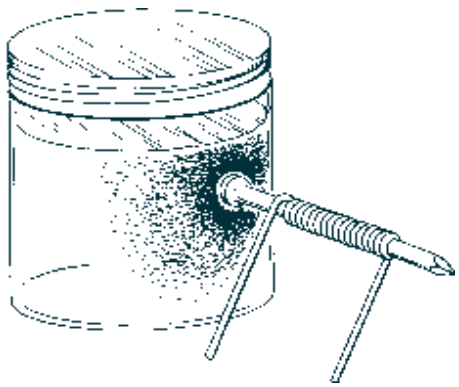
La corriente a través de un cable produce un campo magnético invisible. Cuando la corriente esta en contacto con un trozo de hierro blando, el campo magnético magnetiza el hierro cambiando la posición de sus moléculas y alineándolas en una misma dirección. Pero cuando la corriente se apaga y el campo magnético desaparece, las moléculas retornan a su posición anterior y las piezas imantadas pierden la mayor parte de su magnetismo. Queda, pero, lo que llamamos "residuos de magnetismo", que depende de la capacidad de retención del hierro. El hierro blando se utiliza porque puede ser mas fácilmente magnetizante y desmagnetizante.

La fuerza del electroimán depende del numero de voltios del cable y también de la corriente disponible. Puedes variar el numero de voltios y comprobar cuantas chinchetas o pins levanta cada vez. Igualmente, podemos usar dos o más baterías en serie, y percibir el incremento de la fuerza del electroimán.

Los electroimanes son temporalmente imanes que pueden ser puestos en funcionamiento o apagados a voluntad. Los timbres de las puertas, los receptores del teléfono, los aparatos de telégrafo, los altavoces, los relojes eléctricos, las neveras, las lavadoras, los generadores, etc. disponen de electroimanes.

Otra prueba que podemos hacer con el electroimán es experimentar sus efectos sobre la mezcla de aceite y partículas de hierro.

El campo magnético se percibe por la posición que asumen las partículas metálicas. La forma será muy similar a la producida por un imán permanente. El numero de partículas atraídas por el electroimán dependerá de la fuerza que tenga. La atracción y la repulsión de los campos magnéticos podemos provocarlas con un imán permanente y un



*Material necesario*

- Una pequeña brújula
- Un metro de hilo eléctrico de cobre
- Una pila de 4,5 o 9 V
- Un trocito de cartulina rígida

electroimán. Para demostrar la atracción o repulsión de los polos magnéticos podemos invertir las conexiones a las terminales de la batería del electroimán.

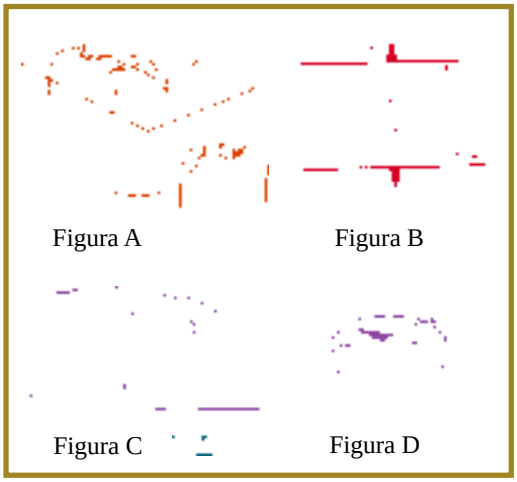
## La relación entre la electricidad y el magnetismo

Hacia 1820 el físico danés Christian Oersted, descubrió accidentalmente la relación entre la electricidad y el magnetismo. De hecho, él mismo estaba convencido que no había ninguna conexión. Una buena experiencia puede ser la de reproducir la experimentación hecha por Oersted tal y como describimos seguidamente.

Tomemos una brújula y pasemos un hilo conductor por encima de forma que pase por el medio de la aguja imantada. Conectemos el hilo eléctrico a una pila y observaremos que cuando cerramos el circuito no produce ningún efecto sobre la brújula. Si la movemos (Oersted lo hizo accidentalmente) nos damos cuenta que haciéndola girar por encima del hilo eléctrico la aguja siempre busca situarse perpendicularmente al flujo de corriente. (Figura A)

A continuación, preguntémonos (como lo hizo Oersted) si la dirección o el sentido del flujo también podría provocar alguna alteración. Lógicamente, poniendo dos brújulas en un circuito cerrado observó que las agujas se mantenían perpendiculares, pero con la aguja opuesta. (Figura B). La dirección en la cual la aguja gira cuando tenemos una corriente fue determinada por el científico francés André Ampere y es la famosa regla del dedo gordo en la cual la corriente eléctrica siempre fluye en el sentido que indique el dedo índice y con el dedo gordo apuntando al norte señalado en la brújula (Figura C).

Finalmente, podemos hacer que el hilo eléctrico envuelva por encima y por debajo la brújula y lo que observaremos será el mismo efecto, pero nos daremos cuenta que esta atadura es más efectiva que un simple hilo (Figura D)




## Interferencias de las microondas

La esperpéntica película de Tim Burton *Mars attack* adopta como solución para desintegrar a los marcianos una onda de radio frecuencia emitida por todo el mundo. La fantasía y la ciencia-ficción a veces no hacen sino magnificar realidades cotidianas. Nosotros podemos probar de simular pequeñas destrucciones "simbólicas" con el poder de las microondas. Este ejercicio puede ser una buena excusa para hacer reflexionar sobre los efectos de los teléfonos móviles.

Cogemos dos móviles y hacemos que uno llame al otro. En el momento de activarse acerquemos una radio y veremos que se producen interferencias. Lo mismo podemos observar con un casete tipo walkman. Si telefoneáis por un aparato convencional en el momento que quiera entrar una llamada por el móvil no podréis hablar por los ruidos que oiréis. Daos cuenta que en realidad el efecto sobre la radio nos muestra la mayor potencia de las microondas telefónicas (en este apartado podríamos

Experimentar con las interferéncias que provocan los móviles nos puede ayudar a comprender el posible efecto sobre la salud de las personas.

recordar la historia de las estaciones de radio como las antenas de Pals para evitar la penetración de las emisiones de las radios comunistas). En el caso del cassette el efecto se produce sobre las partículas magnéticas de la cinta del cassette. Podríamos poner en evidencia las propiedades magnéticas de la cinta de cassette tomando una cinta virgen y haciendo que mientras alguien quiera registrar nosotros acerquemos un imán sobre el cabezal de la cinta.

La clave de estos experimentos es que nos hayan servido para propiciar la curiosidad y la inquietud de reconocernos ante unas fuerzas que, siendo desconocidas y con poco poder, no son inocuas. La prudencia y el uso razonado son los mejores aliados en un mundo en el cual la telefonía móvil y la electricidad son y serán imprescindibles.

### Estira y encoge

Con esta breve experiencia pretendemos visualizar una forma sencilla de medir la fuerza que puede ejercer un campo magnético. Para ello, se trata de coger una brújula y colocarla en medio de dos reglas de la misma longitud. En primer lugar situaremos uno de los imanes a una distancia de unos 15 cm. por el lado del polo sur. Observamos como se comporta la aguja de la brújula. A continuación le ponemos el segundo imán a la misma distancia y observaremos nuevamente la actuación de la aguja de la brújula. Hay tres posibles posiciones de la aguja según la fuerza de los imanes: puede continuar apuntando hacia el norte, moverse hacia el este o hacerlo hacia el oeste. Cuando colocamos el imán cerca de la brújula, su polo norte gira para orientarse hacia el polo sur del imán. Cuando la brújula queda en medio de dos imanes con la misma orientación se queda inmóvil como el juego de estirar la cuerda. Si uno de los imanes tiene mas fuerza que el otro, entonces deberemos mover la distancia para poder encontrar el punto en el cual la aguja queda equilibrada mirando al norte. En definitiva, la distancia de la regla es la que nos sirve para medir de una manera relativa la fuerza del campo magnético que producimos. De hecho, los magnetómetros para medir la intensidad del campo magnético de la Tierra o para determinadas medidas de tipo geológico, se basan en este principio.❑

*Material necesario*

- Una pequeña brújula.
- Dos barras magnetizadas.
- Dos reglas.

*Tengamos cuidado de no acercar demasiado el imán a la brújula ya que se puede alterar la polaridad.*

## Bibliografía al alcance


• Costa Morata, Pedro. *Electromagnetismo (silencioso, ubicuo e inquietante)*. Madrid: Troya, 1996.
• Rosa, Raul de la . *El lugar y la vida. Como crear una casa saludable y mejorar edificios enfermos*. Barcelona: Integral, 1998.
• Requejo, Carlos M. *Estrés de Alta Tensión. Contaminación electromagnética*. Barcelona: Didaco, 1998.
• Wong, Eva. *Feng Shui*. Madrid: Gaia Ediciones, 1998.


## Documentación consultada


• Blake Levitt, B. *Electromagnetic fields. A Consumer's Guide to the issues and how to protect ourselves*. Orlando: A Harvest Original, 1995.
• Bowman, J. D. [et al] "Electric and magnetic fields exposure, chemical exposure and leukemia risk", in *"Electrical" Occupations*. University of Southern California, 1992.
• Consejo de Seguridad Nuclear. *Radiaciones ionizantes y no ionizantes*. Madrid, 1994.
• Feychting, M. i Ahlbom, A. *Magnetic fields and cancer in people residing near swedish high voltatge power lines. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields* in Healh Physics, volum 74, n. 4, 1998.
• Moulder, J. E. [et al] *Cell phones and cancer: What is the evidence for a connection?* Radiation Research Society, 1999.
• National Institute of Environmental Health Sciences. *Preguntas y respuestas sobre los campos eléctricos y magnéticos asociados con el uso de la energía eléctrica*. U. S. Department of Energy, 1995.
• National Institute of Environmental Health Sciences. *Niehs report on health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. Washington, 1992.
• SSInews, volum 4, n. 2, 1996.
• Wertheimer, N., i Leeper, E. "Electrical wiring configurations and childhood cancer", in *American Journal of Epidemiology, n. 109, pp. 283-284*.


## Información en internet

• http://www.microwavenewss.com (relación de 250 webs con información).
• http://www.powerwatch.org.uk (la voz independiente sobre los campos electromagnéticos).
• http://www.lessemf.com (productos de medida, bibliografia y protectores; información y notícias).
• http://teleline.terra.es/personal/kirke1 (noticias, webs y documentos sobre la influencia de las LAT, la telefonia móvil y las microondas en general).
• http://www.grn.es/electropolucio (web de los gironins contra las antenas de móviles y las LAT).
• http://www.fb.se (web de la Asociación sueca para la electrosensividad, buenos links).
• http://www.niehs.nih.gov/emfrapid (web del National Institute of Environmental Health Sicences del Departament d'Energia dels EEUU).
• http://www.miligauss.com (artículos, webs, notícias e información en general).

## Direcciones de interés

• Asociación de Estudios Geobiológicos (GEA)
Ciscar, 65 baixos
46005 València
http://www.gea-es.org
Tel. 96 374 3687 (de a 10 a 14 h dies feiners).
Fax. 96 422 34 41
• Elektron (medición ambiental y energias renovables).
Farigola, 20
08023 Barcelona
http://www.elektron.org
Tel. 93 210 83 09
Fax. 93 219 01 07
• Servei de Medi Ambient. Diputació de Barcelona (asesoramiento para ayuntamientos)
Urgell, 187
08036 Barcelona
Tel. 93 402 22 22
http://www.diba.es
• JCC Gabinete de Calidad Ambiental S.L. (empresa asesora en temas de geobiología)
Casp, 35, entresòl, 1 B
08010 Barcelona.
Tel. 93 342 41 75