

BIOGRAFÍA DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

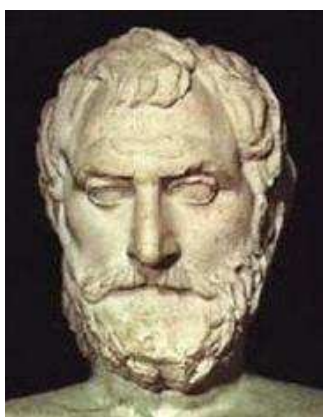
Vivimos físicamente en el siglo XXI pero en algunos conocimientos científicos y creencias estamos a veces unos siglos por detrás y esa falta de adaptación temporal entre los dos mundos que conviven en nosotros nos crea a veces muchos problemas en lo personal y también a la sociedad como conjunto de individuos.

Uno de estos casos de máxima actualidad es el del miedo irracional a las antenas de telefonía móvil, en concreto, el miedo indefinido que algunas personas empiezan a tener sólo de oír la palabra campo electromagnético.

Basta decir este complicado nombre para que vengan asociaciones a algo oscuro, misterioso y, por tanto, peligroso. La intención de este artículo no es entablar una discusión sobre antenas y salud ya que hay foros científicos más especializados y personas u organizaciones con mucho mayor conocimiento específico que yo, entre ellos la Organización Mundial de la Salud, para explicar con convicción su absoluta seguridad a los niveles que manejamos en telefonía móvil.

El objetivo de estas páginas es conseguir que conozcamos mejor los “**campos electromagnéticos**” a partir de nuestra experiencia cotidiana y de la evolución de la historia de su descubrimiento para desprenderlos así de esa capa de misterio. Para hacer esto, y como en muchas otras historias, inevitablemente uno debe empezar por los griegos.

Los griegos eran un pueblo que si no estaban guerreando entre ellos o contra los persas pasaban mucho tiempo reflexionando sobre su entorno, sobre la naturaleza. Buscaban ordenar los fenómenos de este mundo de algún otro modo, dando así los primeros pasos a un conocimiento que más adelante se denominaría científico. Entre estos últimos estaba un filósofo, **Tales de Mileto** que aproximadamente 600 años antes de Cristo ya escribía sobre dos fenómenos conocidos en su tiempo y que le sorprendían enormemente. Por una parte estaba el hecho de que si se frotaba un trozo de ámbar contra una piel, el ámbar atraía al polvo, a pequeñas plumas, etc. Como el ámbar se llama “electrón” en griego a este tipo de fuerza se le acabaría llamando electricidad.



También habían observado una segunda fuerza que atraía y repelía. Contaba una leyenda muy difundida que un pastor de la colonia griega de Magnesia andaba por los montes y notó como los remaches de su sandalia y su bastón se quedaban pegados a unas piedras y le dificultaban avanzar. Por el lugar donde tuvo lugar esta historia a la fuerza se la denominó magnética. Por tanto, los griegos conocían ya la electricidad estática del ámbar frotado y el magnetismo de los imanes naturales, pero tampoco sabían qué más hacer con ellos excepto admirarse. Así quedaron las cosas con los griegos y esa aura de misterio y esa idea del “alma de las cosas” ha llegado intacta a nuestros días en creencias esotéricas sobre las propiedades que poseen estas fuerzas naturales.

Pasaron después muchos siglos sin que nadie se preocupara de estos temas.

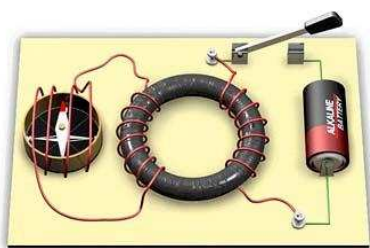
Finalmente, en el año 1600 (habían pasado ya 22 siglos desde Tales de Mileto) el médico de la reina Isabel I de Inglaterra (la de la Armada Invencible), **Lord Gilbert** que había dedicado gran parte de su vida al estudio de estas fuerzas y en especial del campo magnético de la Tierra, publicó la primera aproximación sistemática, experimental y científica al tema, concluyendo entre otras cosas que la Tierra era un gran imán con sus polos magnéticos coincidentes casi con los Polos geográficos, lo que daba la primera explicación razonada al comportamiento de la brújula que se conocía y usaba como “utensilio mágico” desde hacía más de seis siglos.

Todo el siglo siguiente, el XVIII, tuvo como protagonista a la electricidad. Estaba de moda y se había convertido en uno de los juegos preferidos en los salones aristocráticos y en ferias. Todo el mundo se divertía mucho dando y recibiendo descargas con juguetes eléctricos, excepto los que ocasionalmente fallecían con ellos, en especial los que salieron fuera de los salones y se pusieron a jugar con los primeros pararrayos. Tampoco ocurrió nada en este siglo que avanzara sustancialmente en el camino de entender y hacer útil la electricidad.



Y llegó el siglo XIX, el del nacimiento de las aplicaciones prácticas de la electricidad. Al comenzar el siglo el italiano **Volta** había construido la primera pila. Eso fue un salto definitivo para llevar la electricidad a los laboratorios y estudiarla con cuidado. En eso se estaba cuando en 1820 un físico danés **Oested**, preparando junto con un ayudante una conferencia, se le cayó un cable conectado a la batería sobre una brújula y vieron asombrados como la aguja de ésta se desviaba. Acababan de demostrar, por azar, que existía una relación entre la electricidad y el magnetismo que se conocían desde hacía más de 2.400 años. Lo que Tales de Mileto había sospechado tenía ahora su confirmación. La explicación era sencilla, la corriente eléctrica al pasar por el cable debía crear magnetismo a su alrededor que desviaba la aguja de la brújula.

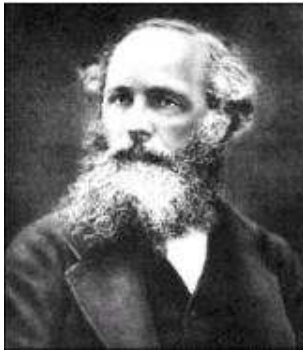
Llegados a este punto le será fácil al lector deducir que todos los físicos del momento se dedicaron a intentar demostrar el fenómeno simétrico, es decir encontrar cómo un campo magnético podía producir una corriente eléctrica. Eso era una empresa más difícil y hubo que esperar algunos años más hasta que llegara un hombre de la talla del inglés **Michael Faraday**. Una persona que apenas había podido ir al colegio y que a los 12 años tuvo que ponerse a trabajar como aprendiz en casa de un impresor, pudo unos años más tarde conseguir un trabajo en la mayor institución científica de Inglaterra, que en aquellos años quería decir del mundo, la Royal Society.



En uno de sus múltiples experimentos Faraday descubrió que si se tiene un circuito eléctrico cerrado pero sin batería y en el que, por tanto no pasa corriente y se acerca y aleja un imán, se puede medir corriente en él. El campo magnético también podía crear corriente eléctrica y a eso se denominó inducción electromagnética. Faraday describió el entorno espacial de influencia de una carga eléctrica con el nombre de **campo eléctrico** y el de un imán como **campo**

magnético. Como verá el lector, estamos ya a un paso de ese nombre tan rotundo de “**campo electromagnético**” simplemente siguiendo el hilo de los avances científicos.

Este descubrimiento de Faraday no sólo cerró el círculo de la íntima relación entre campo eléctrico y magnético sino que tuvo un impacto práctico más importante, condujo a la creación de generadores y motores eléctricos. La pregunta ahora es ¿todos los campos electromagnéticos se crean con circuitos e imanes? Para dar una respuesta a esto hay que volver a Faraday y a un experimento que casi pasó desapercibido en su tiempo pero de gran relevancia para responder a esa pregunta.



Faraday tomó un rayo de luz, lo polarizó pasando a través de un cristal y le aplicó un fuerte de campo magnético para ver que ocurría. El plano de polarización del rayo de luz cambió al aplicar el campo magnético. Aún sin entender muy bien lo que es la luz polarizada es fácil deducir, como hizo el propio Faraday, que hay algo magnético en la luz, y probablemente también algo eléctrico. Como Faraday no sabía apenas matemáticas, su reino tuvo que ser el laboratorio, y dejó el relevo de demostrar toda esta relación al mayor físico matemático del siglo XIX, el escocés **J. C. Maxwell**.

Éste cogió todo lo que se había avanzado en electricidad en su siglo, así como las notas de laboratorio de Faraday, con sus sugerencias sobre campos, etc. y se puso a unificar todo en una teoría matemática lo más simple posible. En ese siglo, desde la primera batería hasta Maxwell se había avanzado mucho. Se habían creado las principales magnitudes de la electricidad y los principales aparatos de medida. Los grandes investigadores de la electricidad del siglo XIX quedaron inmortalizados en los nombres de las unidades de medida: voltio, amperio, faradio, culombio, ohmio, henrio, etc.

Por fin Maxwell acabó y creó el conjunto de ecuaciones que recogían todas las experiencias eléctricas y magnéticas. Si se resolvían todas estas ecuaciones se tenían unas soluciones matemáticas que eran ondas. Según esos resultados se podían crear unas ondas eléctricas y magnéticas asociadas, ondas electromagnéticas, y que estas ondas se propagarían por el espacio. Al calcular su velocidad de propagación combinando dos coeficientes relativos a las propiedades eléctricas y magnéticas del aire, y cuyos valores ya se habían medido en el laboratorio hacía años, se encontró con una sorpresa: la velocidad de propagación de estas ondas era igual a la velocidad de propagación de la luz, 300.000 km/s. La luz en realidad era una onda electromagnética. Los seres humanos desde hace millones de años habíamos evolucionado y vivido en medio de unos campos electromagnéticos naturales y esenciales para la vida: la luz. Así, oír a personas diciendo que los campos electromagnéticos son perjudiciales para el hombre y que deberían ser suprimidos, así, sin más matización, es, en pocas palabras: una tontería, es desconocer todo lo que descubrió y explicó la ciencia en el siglo XIX, es como si volviéramos al conocimiento del siglo XVII, a la época de las bromas con las chispas o más atrás.

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = q$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i$$

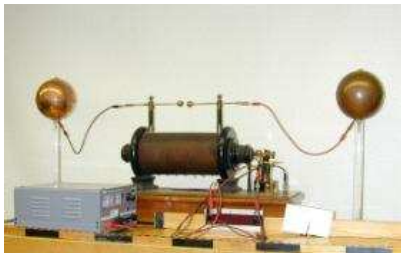
$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Maxwell's Equations

Pero esto era una solución matemática y faltaba confirmar que además de la luz había otros campos electromagnéticos que podían ser creados y detectados por el hombre a partir de circuitos eléctricos. Lo que ocurre en estas ondas electromagnéticas según Maxwell es que un campo eléctrico variable va creando un campo magnético variable a su alrededor y viceversa y esta perturbación avanza por el espacio a la velocidad de la luz. El ritmo al que cambia el campo eléctrico, y por tanto, el magnético inducido, el número de esos cambios por segundo es lo que se denomina frecuencia de esos campos.

Desde que se publicaron las ecuaciones de Maxwell los físicos se encerraron en sus laboratorios y estuvieron jugando con circuitos que poseían condensadores (que almacena campos eléctricos) y bobinas (que crean campos magnéticos al pasar una corriente), hasta que uno de ellos, el alemán, **Heinrich Hertz**, en 1888 consiguió crear y detectar a lo lejos ondas electromagnéticas. Muchos más lo probaron y efectivamente, estaba confirmado, las ondas electromagnéticas existían y se comportaban tal y como las matemáticas de Maxwell decían.

La variable esencial que diferencia a un campo electromagnético de otro es el ritmo de variación de los campos eléctrico y magnético, la frecuencia. El nombre que se le puso a la unidad que mide esa variable fue el del descubridor de los mismos, Hertz. Así hablamos de “hercios” para referirnos al número de cambios por segundo de los campos electromagnéticos.



Así, por ejemplo sabemos por el dial de nuestra radio que el campo electromagnético que permite que nos llegue la cadena SER, es de 810 kilohercios, es decir, que esas ondas electromagnéticas oscilan 810.000 veces cada segundo. Sin embargo, si lo que vemos es un cuadro de color rojo, aquí el receptor son nuestros ojos, y están detectando un campo electromagnético de una frecuencia muchísimo más alta con 455 billones de cambios por segundo (millones de millones de veces). Otro ejemplo serían los campos electromagnéticos de las comunicaciones de telefonía móvil que se emiten desde las antenas y móviles y que tienen una frecuencia intermedia entre las dos anteriores del orden de 900 Megahercios, es decir, los campos eléctricos y magnéticos oscilan a un ritmo de 900 millones de veces por segundo. Pese a ser altísima la frecuencia de los campos de la luz hay incluso otros tipos de ondas electromagnéticas con frecuencias superiores como los rayos ultravioletas y los rayos X.

Tras esto llegaron los “hombres prácticos” que hicieron útiles estos descubrimientos. **Marconi** y la telegrafía sin hilos, que otros científicos convirtieron en telefonía sin hilos y difusión de señales de radio como las conocemos hoy. Se fueron explorando campos electromagnéticos de otras frecuencias cada vez más altas para que pudieran contener más información y así se empezaron a emitir imágenes de TV, más tarde para alcanzar a los distantes satélites, después vino la telefonía móvil, los teléfonos inalámbricos del hogar, las tarjetas WiFi, etc. En suma, los campos electromagnéticos artificiales se fueron agregando a los naturales ya existentes como los de la luz, el calor, los ultravioletas, emisiones de rayos X en las galaxias, rayos cósmicos, etc.

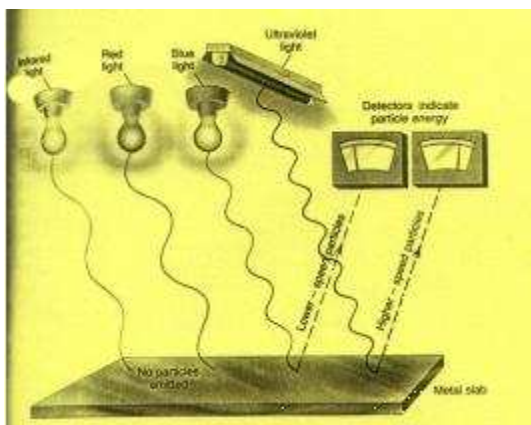
Parece que aquí habríamos acabado la historia del campo electromagnético pero en el siglo XX ocurrió algo importante en la ciencia que afectaría a nuestra comprensión del

mundo físico y de la vida. Nos referimos a la teoría atómica. Aprendimos que todo estaba formado por átomos que se agrupaban en moléculas y se descubrieron los fundamentos atómicos y moleculares de los seres vivos con la cadena de ADN, los principios físico-químicos del sistema nervioso, etc. Entonces era importante descubrir cómo un campo electromagnético puede afectar a los átomos y las moléculas, especialmente a las de nuestro cuerpo.



A principios del siglo XX un físico alemán **Max Planck** inauguró una nueva rama de la Física, la física cuántica que profundiza en el comportamiento atómico de la naturaleza. Einstein tomó sus ideas y predijo que la energía no se absorbe de un modo continuo por la materia (y por tanto por los átomos y moléculas) sino en pequeños “paquetes” de energía denominados “**cuantos de Planck**”. Pero ¿qué tiene que ver esto con los campos electromagnéticos se preguntarán ustedes? Bueno, los campos electromagnéticos transportan energía (se ve claramente cuando nos calentamos con una estufa o al sol) y es importante saber cuándo pueden ser peligrosos. Lo más lógico sería pensar que cuanto más intensos son, más peligrosos son. Es decir, un foco de esos como los que utilizan en cine parecería más peligroso que la tenue luz de mi mesilla de noche. Eso tiene lógica y se deriva de nuestra experiencia cotidiana, sin embargo, faltaba algo por explicar.

Se había descubierto la célula fotoeléctrica, un dispositivo que cuando le incide la luz produce electricidad. La luz hace saltar electrones de los átomos de la célula y estos son la corriente que circula fuera de la célula y con la que se alimenta aquel dispositivo que le conectemos. Hoy tenemos células fotoeléctricas en cualquier calculadora que nos regalan y ya no le damos apenas importancia, pero a principios de siglo XX era el problema científico más retador que existía en la Física ¿Por qué?. Porque se había comprobado que si se iluminaba con luz blanca, producía corriente, con luz azul también, y cuanto más intensa era la luz más corriente eléctrica se producía. Sin embargo, si se iluminaba con luz por debajo de una frecuencia, por ejemplo con luz roja, no pasaba nada, igual que no pasa nada en un laboratorio fotográfico con la luz roja y sí con la luz blanca de la ampliadora. Tampoco pasaba nada, no había corriente, aunque se pusiera un gran foco de luz roja con una gran intensidad, nada. Eso desafiaba a la lógica y significaba que algo nos faltaba por entender.

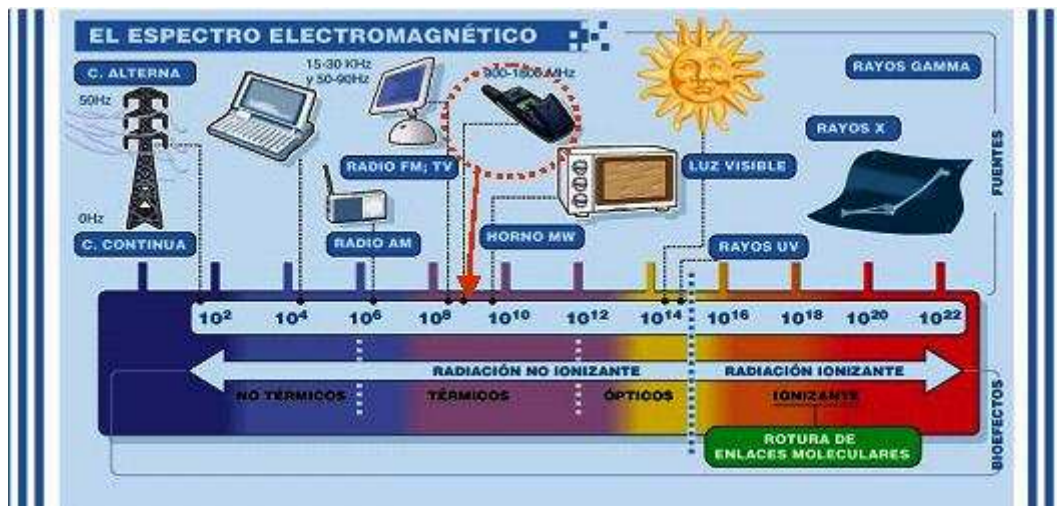


Einstein lo respondió diciendo que los campos electromagnéticos intercambian energía con los átomos de forma discreta, en pequeños paquetes, los cuantos, que acabaron llamándose “**fotones**”. Lo otro que dedujo es que la energía de cada fotón depende sólo de la frecuencia. De este modo se podía explicar el fenómeno. Todo átomo de cada material tendrá un mínimo de energía que es necesario hacer para arrancarle un electrón. El material del que esté hecho la célula fotoeléctrica también tendrá una energía mínima y como

lo que choca con él son paquetes de energía de luz con una energía que depende de la

frecuencia de la luz, si esta frecuencia es muy baja la energía de cada fotón no será suficiente para liberar el electrón y da igual que mandemos diez o diez millones de fotones (intensidad de la luz) pues ninguno de ellos por separado es capaz de liberar ese electrón del átomo y por eso no se produce corriente en la célula fotoeléctrica con el color rojo y por eso no hay reacción química en el papel fotográfico con el color rojo. La explicación está en los átomos.

De lo anterior deducimos que los campos electromagnéticos poseen más probabilidades de romper las moléculas o producir efectos en los átomos cuanto más alta es su frecuencia. Ya vimos como la frecuencia de la luz roja era casi un millón de veces superior a la de las señales de telefonía móvil por ejemplo, es decir, que sus cuantos de energía poseen un millón de veces más energía que los del campo electromagnético de los móviles, sin embargo, vivimos con absoluta seguridad con ella. Esto nos debería ayudar a temer menos a todas las emisiones por debajo de la frecuencia de la luz (la de la radio, la TV, el móvil, el inalámbrico, el microondas, etc.).



Y en sentido contrario, a medida que subimos más allá de las frecuencias de la luz nos encontramos con tipos de campos electromagnéticos a los que tenemos que poner más atención ya que empiezan a poder causar daños en las moléculas dependiendo de su intensidad (una vez que causan daños ya sí que es importante la intensidad pues más “cuantos” causando daño son más peligrosos). En esas bandas de frecuencia por encima de la luz tenemos a la radiación ultravioleta, los rayos UVA, de los que debemos protegernos, los rayos X, cuyas dosis se controlan, rayos cósmicos, radioactividad, etc. A esas radiaciones electromagnéticas que por su frecuencia pueden producir daños en la estructura de la materia, incluyendo el ADN se les denomina **radiaciones ionizantes** y todas aquellas que están por debajo de la frecuencia de la luz, incluyendo a la luz, se les denomina no ionizantes, es decir sin capacidad de que sus cuantos de energía dañen la estructura molecular sea en la potencia que sea.

¿Por qué se legislan entonces niveles de emisión en las antenas?. La explicación está en que en las radiaciones no ionizantes como las de la TV o los móviles, el sol, etc. el control de la potencia debe hacerse únicamente para controlar sus efectos caloríficos (del mismo modo que no debemos ponernos bajo un sol muy intenso) y así se transmite con potencias tan bajas que son imperceptibles para nuestro organismo.



Y esta es la historia, la biografía del campo electromagnético. Espero que su mejor conocimiento nos haga hablar de ellos como si fueran de la familia pues están en nuestro entorno desde hace cientos de años, y la luz del sol desde hace miles de millones de años, nos han dado la vida y nos la hacen más cómoda. No son nada siniestro, no están ahí para matarnos, son una herramienta más para construir la tecnología que mantiene nuestro modo de vivir en una sociedad moderna. La telefonía móvil es sólo una pieza más cuyos campos electromagnéticos en nuestro entorno se han medido y apenas son el 2,5% de toda la potencia electromagnética que nos rodea. Los móviles no son peligrosos, salvan vidas, ayudan a hacer la vida más fácil y productiva y en el lado negativo son poco comprendidos y objeto de algunas afirmaciones absolutamente absurdas a la luz de toda la Historia de la ciencia que hemos contado aquí. Les deseo que vivamos muchos años y que otros campos electromagnéticos nos faciliten nuevas formas de trabajar, disfrutar de nuestro ocio y comunicarnos.

Por **José de la Peña Aznar**. Director de Acción Institucional de Telefónica Móviles

<http://sociadadelainformacion.telefonica.es/jsp/articulos/detalle.jsp?elem=6470>