

EPIDEMIOLOGIA

Interphone, la mayor encuesta del mundo

En materia de prevención de riesgos, la epidemiología (estudio estadístico de las relaciones entre una amenaza potencial y sus efectos reales sobre la salud humana) representa el paso previo indispensable para cualquier diagnóstico serio. Pero para que se pueda realizar tal análisis, hay que disponer de cierta distancia en el tiempo y apoyarse en comprobaciones lo suficientemente amplias y significativas. En el caso de la telefonía móvil, el ambicioso estudio *Interphone* fue lanzado en cuanto se reunieron estas dos condiciones. Se espera con mucho interés sus primeras conclusiones globales, que serán la primera base de conocimientos de un debate objetivo de precaución sobre la utilización del teléfono móvil.



Todo comenzó en 1998. La utilización de la telefonía móvil era aún muy reciente pero cada vez estaba más claro que este invento se iba a afirmar como un gran cambio tanto técnico como social. El teléfono móvil pasó a concernir, de forma individual, a cientos de millones de personas. Dos grandes organizaciones internacionales, el ICNIRP(1), para la definición de los niveles de protección en materia electromagnética y la Organización Mundial de la Salud, se sintieron directamente concernidas por esta innovación tecnológica. Reunieron a expertos mundiales para hacer balance sobre su impacto potencial. ¿Qué se sabía de las consecuencias y de los posibles riesgos de las radiofrecuencias EM producidas por estos nuevos aparatos, colocados en contacto cercano a la cabeza, con propiedades muy diferentes a las de la telefonía tradicional? En realidad, no mucho.

Todos los datos epidemiológicos concernientes a la exposición a las radiofrecuencias, trataban de poblaciones restringidas, expuestas profesionalmente (aplicaciones de radar, entornos médicos, etcétera), pero en condiciones totalmente diferentes. De hecho, las metodologías de evaluación de estos riesgos específicos estaban poco unificadas, eran dispares y no correspondían al análisis de este nuevo invento de masas.

Un método por inventar

"A partir de esta época, estudiamos la factibilidad de una investigación bautizada *Interphone*, verdaderamente adaptada y concentrada sobre un problema inédito", explica Elisabeth Cardis, directora de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (AIRC), una filial de la OMS cuya sede está en Lyon (Francia), y coordinadora de esta iniciativa. "Se constituyeron equipos de especialistas que provenían de 14 países, ya que la investigación no podía tener sentido a no ser que se realizara a una escala muy amplia para evitar cualquier sesgo regional. Los equipos acordaron centrar las investigaciones en el desarrollo de tipos bien específicos de afecciones tumorales del sistema craneal: ciertos tumores de cerebro (gliomas y meningiomas), los tumores de las glándulas salivales (parotidas) y del nervio acústico (neurinomas), así como las enfermedades de los tejidos linfáticos (linfomas)".

Quedaba en segundo lugar elegir juiciosamente a las poblaciones estudiadas con respecto a la utilización del teléfono móvil. Los controles han sido seleccionados únicamente en las zonas en las que esta tecnología se ha implantado de forma más precoz, para tener entre cinco y diez años de distancia por lo menos. Aunque es el caso de amplias zonas de Europa del Norte, en el resto fue necesario concentrarse en determinadas aglomeraciones que fueron las primeras equipadas. Igualmente, *Interphone* se limitó a una clase de edad activa de 30 a 59 años, en la que había más posibilidades de que se hubiera experimentado la telefonía móvil desde hacía más tiempo y de forma continua.

Después de la selección de todos los criterios, el potencial estadístico sobre el que los equipos empezaron a trabajar logró así una muestra significativa: unas 6000 personas presentaban casos de gliomas y de meningiomas (en un punto grave o benigno), 1000 casos de neurinomas del nervio acústico y 600 tumores de las glándulas salivales parotidas.

Encuestas y cotejos

Utilizando esa base, los investigadores interrogaron en persona y de forma detallada a los grupos testigos para darse cuenta de la retroactividad y de la intensidad de su práctica de la telefonía móvil. Algunos detalles importantes se anotaron con atención. Por ejemplo, ¿podemos determinar qué oreja se utiliza más sistemáticamente? Este elemento es muy valioso, en particular para discernir el estado del sistema acústico y salival.

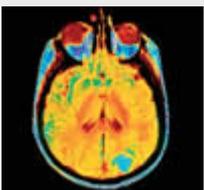
Este trabajo de memoria está cotejado con datos disponibles de facturación de los operadores de servicios, las características técnicas de las redes así como de los aparatos utilizados. Finalmente, se realiza una encuesta personal más amplia para detectar otros factores genéticos o medioambientales que podrían haber interactuado.

"Actualmente, el AIRC reúne a numerosas encuestas nacionales o regionales, finalizadas o a punto de finalizar", anuncia Elisabeth Cardis. "Diversos equipos han comunicado algunos resultados parciales. Todos concluyen que hay una ausencia de efectos, exceptuando uno, publicado por un equipo sueco y que concierne al neurinoma del nervio acústico (véase cuadro). Pero los resultados de Interphone sólo tendrán sentido cuando se hayan analizado y validado en su conjunto. Esta evaluación global no podrá realizarse antes de 2006".

(1) Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes

El gran baño electromagnético

Durante la casi totalidad del siglo XX, no se ha analizado la salubridad de los efectos de los campos electromagnéticos (EM) que no tuvieran radiactividad. Desde hace 30 años, la situación ha cambiado y empezamos a preguntarnos sobre la protección contra las radiaciones *no ionizantes*. Pero ¿de qué protecciones hay que dotarse cuando, hasta ahora, los científicos han estado de acuerdo en constatar que no se ha podido detectar ninguna prueba consistente y convincente de las posibles alteraciones de la salud humana, a pesar de la multiplicidad de tecnologías que aumentan el *smog* electromagnético que nos rodea?. No obstante, reconocen que los datos, tanto a nivel de las investigaciones de laboratorio como de la epidemiología y de las medidas de exposición, son muy incompletos e insuficientes como para pronunciarse con certeza.



Los "rayos", aunque sean potencialmente peligrosos y estén siendo muy vigilados, han hecho posible que la ciencia consiga grandes avances en el estudio de las anomalías y de las enfermedades y se han convertido

La electricidad es una realidad invisible, pero bien tangible, que se deja transportar a través de cables conductores. La bombilla se enciende, los motores de todo tipo también, la placa de cocina calienta, el frigorífico enfría, la pantalla del televisor o del ordenador se enciende, el teléfono suena, la descarga eléctrica provoca un dolor instantáneo al torpe que toca los cables.

Pero todas estas "corrientes que pasan" tienen también, de forma inseparable al campo eléctrico oscilante que las origina, un componente escondido, exterior a los propios conductores e insensible. Provocan la creación de campos magnéticos que tienen la propiedad de inducir a distancia polarizaciones de cargas eléctricas presentes en su entorno cercano.

Desde los tiempos pioneros de finales del siglo XIX en los que esta doble realidad fue demostrada por el físico Maxwell (padre fundador de toda la teoría de la electricidad), esta conjunción fundamental del campo eléctrico, necesaria para que la corriente circule, y del campo magnético resultante cuando transita, está combinada en la noción única de electromagnetismo.

El gran espectro común y universal

Esta llave conceptual del electromagnetismo es la clave de desplazamiento de la energía, ya sea en la materia concreta de un soporte conductor como

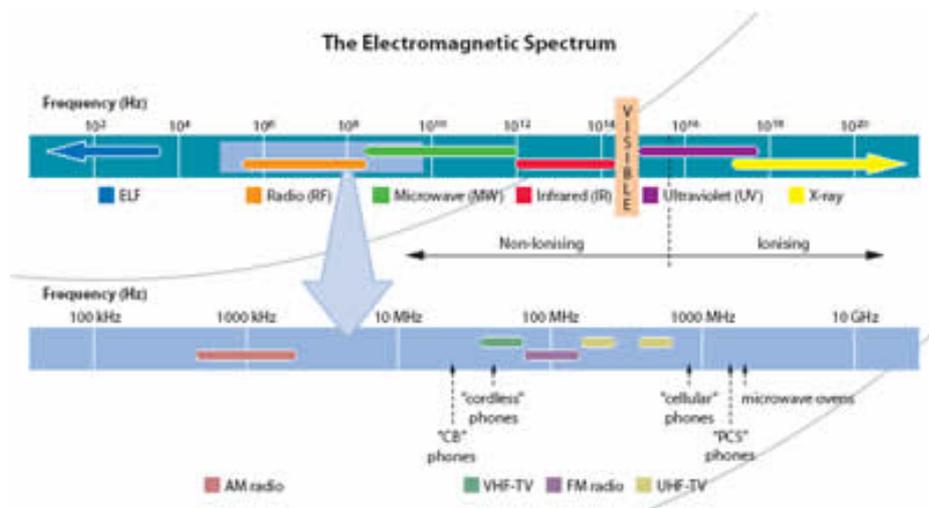
actualmente en técnicas de diagnóstico cotidianas entre las cuales destaca, la creación de imágenes por resonancia magnética, que es una de las más avanzadas.

en el espacio inmaterial. No sólo ha abierto la puerta al formidable despliegue del control de las aplicaciones de la electricidad por el hombre sino que se ha convertido al mismo tiempo en una de las llaves maestras más prolíficas de la física moderna.

Permitió comprender que en todo el Universo existe una gran cantidad de formas de propagación de ondas electromagnéticas oscilantes, que pueden leerse en un gigantesco espectro de frecuencias que van de cero (caso de la corriente continua o unidireccional) a 10^{20} hercios (1).

Este cuadro común y unificado de los fenómenos vibratorios del mundo atómico y subatómico engloba, en sus picos de frecuencia más altos, la radiación cósmica, los fenómenos de la radiactividad (diferenciados en rayos gama y en rayos X), las características de la luz visible y de los diferentes colores que la componen, sin olvidar las inmensas zonas que la preceden y la siguen en las zonas del infrarrojo y del ultravioleta.

Y, dentro de esta continuidad, se inscriben en lo más bajo de la escala las frecuencias de las aplicaciones eléctricas y electrónicas inventadas por el hombre. No obstante, poco a poco han ido subiendo en la escala de las oscilaciones, con fines cada vez más diversificados.



La escala de las frecuencias del espectro de las ondas EM, gigantesca en términos de frecuencias de las oscilaciones de las ondas EM, cubre tanto los fenómenos naturales como las radiaciones ionizantes.

El precedente de la radiactividad

Las ondas electromagnéticas al propagarse tienen, por su propia naturaleza, una influencia eléctrica sobre los átomos que componen los objetos con los que se cruzan, tanto inanimados como vivos. Se observó este fenómeno cuando los investigadores pioneros de la primera mitad del siglo XX empezaron a interesarse, a menudo por sus propios medios, por las propiedades de la radioactividad cuyo poder potencialmente nocivo a nivel biológico ignoraban. En esta zona del espectro electromagnético, el poder de penetración provoca rupturas de los enlaces atómicos, con producción de iones. En el plano biológico esto se traduce en alteraciones profundas del ADN. Este grupo, altamente vigilado, se conoce como "radiaciones ionizantes".

Aunque este poder podía ser mortífero, interesaba a la ciencia por los formidables servicios que podía dar. Durante la Primera Guerra Mundial, en la retaguardia del frente, Marie Curie puso todo su empeño en demostrar que la radiografía X proporcionaba un medio sin precedentes para "ver" las lesiones óseas de los heridos. Murió más tarde por las consecuencias de las radiaciones a las que había estado expuesta durante toda su vida de investigadora.

A partir de los años 50, con el desarrollo de la industria nuclear y la creciente introducción de aplicaciones con carácter radioactivo en la medicina u otras disciplinas, se constituyó toda una

ciencia de la *radioprotección* para estudiar los efectos de las radiaciones ionizantes, poner a punto los medios defensivos más eficaces, definir los umbrales límite de exposición, todo ello explotándolas al máximo. La IRPA (Asociación Internacional de la Radioprotección), creada en 1965, empezó a desempeñar un papel de foro mundial para la confrontación y la diseminación de los conocimientos así como para la actualización de las normas sanitarias de estas familias particulares de ondas ionizantes.

Los recién llegados no ionizantes

Diez años más tarde, los responsables científicos que coordinaban los trabajos de la IRPA se preguntaron si no tendrían que ampliar las preocupaciones de radioprotección a otras partes del espectro electromagnético, cada vez más utilizadas por las nuevas tecnologías (desde la gama de frecuencias muy bajas de 50 hercios de las redes eléctricas tradicionales hasta las radiofrecuencias de transmisión cada vez más amplias, o sea, la entrada de la zona denominada de las microondas y la del infrarrojo). Existe, en efecto, un vínculo directo entre la frecuencia de la onda y la energía transportada, y por lo tanto, el impacto potencial sobre la materia.

En 1977, en coordinación con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUE), la IRPA creó un primer *Comité Internacional de Radiaciones No Ionizantes* para estudiar y definir los criterios de higiene relativos a estos campos tan vastos. En 1992, este Comité se separó de la asociación para convertirse en la *Comisión Internacional sobre la Protección contra las Radiaciones no ionizantes* (ICNIRP por sus siglas en inglés) una instancia científica independiente encargada de la coordinación mundial sobre estas cuestiones. Este campo de investigación que había sido olvidado durante demasiado tiempo, empezó a tomar forma, pero partiendo de conocimientos muy limitados.



Desde hace dos décadas, se está notando una multiplicación y un cruce incesante de señales electromagnéticas muy diversas.

El cotidiano eléctrico

A priori, esta tarea de protección atribuida a esta organización recientemente creada, es una tarea de titanes que puede dejar perplejo. En la sociedad del "todo eléctrico" en la que estamos inmersos, cómo podríamos inquietarnos (y nada lo justificaría hasta la fecha) de los innumerables campos electromagnéticos de muy baja frecuencia inducidos por la multiplicidad de aparatos que utilizamos en la vida privada o profesional, por los transportes eléctricos, así como por el cableado que les suministran la electricidad. Existe un consenso muy generalizado sobre la inocuidad de estos campos, cuyas medidas de inducción magnéticas y de débil alcance en el espacio deben respetar unas normas fijadas a niveles muy bajos.

No obstante, la influencia de los campos se amplía y se intensifica claramente y es más fuerte cuando las corrientes llegan a valores elevados, que exigen normas de distancia más específicas. Es el caso, por ejemplo, de ciertas aplicaciones industriales altamente energéticas y también de puntos neurálgicos de algunas redes como las centrales, las estaciones transformadoras o las líneas eléctricas de alta tensión. Estas últimas son objeto de debate en cuanto a sus efectos sanitarios potenciales, que algunas investigaciones recientes podrían confirmar (véase cuadro).

La invasión de las ondas



En la estela de las investigaciones sobre las radiaciones ionizantes, el

Además, otra área clave está relacionada con el desarrollo de las telecomunicaciones. Aquí también, la explotación de las capacidades de transmisión de las ondas electromagnéticas no es nada nuevo. Durante la primera mitad del siglo XX, el control de la emisión y de la recepción de estas ondas bautizadas como hercianas, en una gama de 300 KHz a 300 Ghz, hizo posible el nacimiento y el desarrollo de la radiodifusión, y luego de la televisión.

A lo largo del tiempo, este aumento de potencia de las teletransmisiones "inalámbricas" se ha ido afirmando subiendo cada vez más la intensidad de las denominadas "radiofrecuencias" y dando lugar, por ejemplo, en la Segunda Guerra Mundial, a la invención del radar.

campo específico de las ondas ultravioletas ha suscitado igualmente más atención en relación con las numerosas investigaciones sobre los cánceres de piel. Estas radiaciones no suelen provenir de aplicaciones técnicas (con excepción de aparatos de rayos UVA) sino que están relacionadas con la radiación del sol, cuyos efectos nocivos han sido ampliamente corroborados. La ignorancia despreocupada del bronceado estival se ha combatido con campañas de precaución muy mediatizadas y dirigidas al público.

© Nasa

Desde hace dos décadas, están aumentando de forma vertiginosa las señales electromagnéticas que son cada vez más diversas. Con la multiplicación de los mandos a distancia, el WiFi o el BlueTooth, se ha invadido nuestro espacio cotidiano doméstico o profesional. Estamos sometidos permanentemente a lluvias de haces de satélites. En las tiendas o en los lugares de tránsito de viajes, pasamos cada vez más ante instalaciones de seguridad (antirrobo, control del contenido, etc.) denominadas de radiación EM pulsada.

El cuestionamiento de los móviles

Pero, sin duda alguna, el colmo de las innovaciones en esta área es la llegada de la telefonía móvil y su éxito arrollador. Este fenómeno de sociedad de nuestra época se ha ampliado a todas las edades, empezando por los más jóvenes, y a todas las categorías sociales. Opera a niveles de intensidad y de frecuencias de utilización común con respecto al entorno electromagnético en el que ya estamos inmersos, este es el motivo por el que esta tecnología no se había cuestionado al principio.

No obstante, hay dos excepciones. Primero, debido a la instauración precipitada de la infraestructura de red de transmisión, cada vez más imbricada en el tejido urbano, obligatoria para su desarrollo. Al principio, empezaron las inquietudes y las demandas con respecto a este último punto. Se realizaron numerosos estudios científicos que concluyeron al unísono que los efectos de estar cerca de estas instalaciones, aunque haya que vigilarlos, no plantean riesgos nuevos particularmente preocupantes. Como máximo se añaden a la elevada densidad de las fuentes encontradas en el medio ambiente, sin constituir un factor notablemente agravante.

Además, por la propia naturaleza del modo operativo de su utilización, el aparato pegado al conducto auditivo y por lo tanto, colocado de forma especial próximo a los órganos primordiales del cerebro humano, conlleva el que la telefonía móvil plantee esta vez a los científicos un problema inédito.

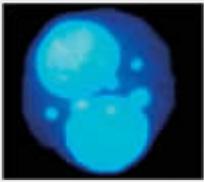
En algunos años, el problema de la exposición creciente a los campos magnéticos cotidianos ha tomado tal amplitud que constituye un área de investigación cada vez más prioritaria. Frente a este desafío, se han realizado varias investigaciones europeas desde hace varios años, en particular en el área del sistema auditivo, de la biología celular y la epidemiología (véanse otros artículos). Y, desde 2004, la Unión está dotada de una red científica de coordinación EMF-NET (*Electromagnetics Fields Network*), centrada en la seguridad de la telefonía portátil y de otras tecnologías con incidencia electromagnética. EMF-NET pretende canalizar la acumulación de los resultados científicos y dar interpretaciones tanto fiables como independientes (véase el cuadro).

(1) Un hercio (del nombre del físico alemán contemporáneo de Maxwell) corresponde a una oscilación ondulatoria por segundo. En una escala invertida también se habla en términos de longitud de onda (por ejemplo, la clase "microondas") que expresa la distancia que recorre durante un ciclo de oscilación.

INVESTIGACION FUNDAMENTAL

□ **Sorprendentes comprobaciones *in vitro***

En términos de biología celular, los efectos de los campos electromagnéticos a los que nos exponen las tecnologías corrientes (desde las muy bajas frecuencias de las aplicaciones electrotécnicas hasta las radiofrecuencias de las telecomunicaciones) siguen siendo hasta ahora un terreno desconocido. El proyecto europeo Reflex, pionero en la materia, acaba de arrojar luz sobre este misterio, con resultados que suscitan numerosos interrogantes...



Experiencia *in vitro*. División de una célula, apareciendo varios micronúcleos, en razón de los efectos genotóxicos debidos a radiaciones electromagnéticas.

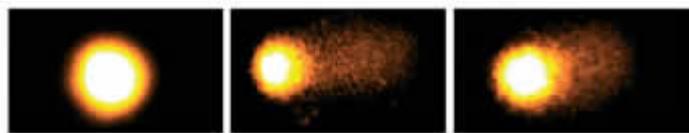
En las investigaciones sobre el cáncer, numerosas indagaciones han demostrado las modalidades genotóxicas por las que las radiaciones ionizantes alteran y destruyen el universo celular rompiendo los enlaces químicos del ADN. A este respecto, el reciente proyecto europeo *Reflex*⁽¹⁾ pretende colmar una especie de "agujero negro" de los conocimientos fundamentales, hasta ahora completamente mudos sobre los posibles efectos biológicos de los campos electromagnéticos usuales.

El proyecto, que reunió a un consorcio de 12 laboratorios establecidos en siete países europeos, pretendía franquear una primera etapa elemental de comprobación. Se trataba de llevar a cabo ensayos intensivos, lo más exhaustivos posibles, sometiendo *in vitro* a diferentes sistemas celulares humanos aislados (fibroblastos, linfocitos, etc.) a toda una gama variable de exposiciones electromagnéticas. En una segunda etapa, estas muestras fueron sometidas a un examen atento para observar si estas radiaciones habían implicado efectos genotóxicos y fenotípicos a nivel celular, considerados generalmente como susceptibles de conllevar patologías cancerosas y/o neurodegenerativas.

Innegables rupturas de ADN

El efecto de sorpresa de los resultados de *Reflex*, cuyos trabajos se desarrollaron de 2000 a 2004, es la afirmación, de forma netamente evidente y repetida, de que "rupturas simples o dobles de las hebras de ADN" de varios sistemas celulares se producen bajo el efecto de los campos a muy baja frecuencia o de las radiofrecuencias a los que están expuestos. Además, estos fenómenos genotóxicos están presentes incluso por debajo de densidades de flujos magnéticos o de índices de absorción específicos que responden a las normas de seguridad admitidas por la legislación vigente.

"En esta etapa, dichas observaciones, cuyos resultados garantizamos que son serios, ya que se basan en una plataforma de trabajo común entre varios laboratorios, no permiten obtener conclusiones en términos de salud", destaca Franz Adlkofer, de la Verum Foundation en Munich (Alemania), coordinador del proyecto. "Las investigaciones que hemos realizado proporcionan indicaciones de orden biológico que concuerdan de forma clara y que constituyen una base de conocimientos de partida. Otros trabajos deben precisar puntos determinados de nuestros resultados: como por ejemplo el hecho de que la aparición de los efectos genotóxicos parezca estrechamente influenciada y diferente según si la exposición a los campos electromagnéticos es intermitente o continua. Así, a muy bajas tensiones, la genotoxicidad sólo aparece cuando se observa una intermitencia mientras que, en la gama de las radiofrecuencias, la intermitencia conlleva una genotoxicidad más marcada que la exposición continua".



Efectos de las radiaciones sobre el ADN *in vitro*. A la izquierda, sin modificación; en el centro, presentando rupturas de hebras de ADN después de la exposición a los rayos gamma; a la derecha, el efecto de ruptura es provocado por un campo de alta frecuencia electromagnética aplicado en continuo durante 24 horas.

Los límites de la investigación *in vitro*

"Para volver al riesgo real para la salud, todo lo que obtenemos en las investigaciones *in vitro* no ofrece ninguna certidumbre positiva o negativa sobre lo que ocurre realmente en un organismo vivo", precisa el doctor Adlkofer. "Los interrogantes que suscitan los resultados de *Reflex* deben llevar a desarrollar de ahora en adelante más investigaciones, pasando a estudios *in vivo* sobre

modelos animales y sobre el hombre. Si dichos estudios tuvieran que confirmar algún día lo que hemos empezado a observar en el laboratorio, yo diría únicamente, a título personal, que la expansión continua de las tecnologías de las telecomunicaciones plantearía a nuestras sociedades un problema que ya no se podría negar más tiempo...".

- (1) Risk evaluation of potential environmental hazards from low energy electromagnetic field exposure using sensitive in vitro methods