

## Campos electromagnéticos y posibles efectos cancerígenos.

La reciente publicación de la Resolución de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de 31 de Mayo de 2011 que, siguiendo las recomendaciones de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), incluye las radiaciones electromagnéticas (REM en adelante) en el rango de las radiofrecuencias (RF en adelante) no-ionizantes, dentro del grupo 2B: "Substancias o agentes posiblemente cancerígenos" ha despertado en los medios (periódicos y radio fundamentalmente) un cúmulo de variados artículos y/o comunicados referidos únicamente a la "telefonía móvil" (TM en adelante). En términos generales son adversos al comunicado de la OMS y han sido realizados, en su mayoría, por autores no científicos y desconocedores, por tanto, de la evidencia y método científicos, o bien basados en parte interesada, como son los informes de las compañías de TM, a los que no podemos mantenernos como científicos, ajenos.

Como científicos investigadores de los *efectos biológicos de los campos electromagnéticos* (CEM en adelante), debe quedar bien claro que lo que abajo escribimos tenga como objetivo un "ataque" a la *radiotelefonía* (por supuesto, inalámbrica) a la que nada crematístico o ideológico nos liga, y en la que reconocemos sus indudables efectos sociales positivos. Lo que queremos es exponer *evidencias científicas* (dentro del limitado espacio de un artículo de divulgación) para un correcto y no dañino uso de la misma, de lo que en un futuro no muy lejano (diez años) podríamos lamentarnos. Nuestra opinión es por tanto clara: queremos cautamente manifestar nuestro acuerdo con dicha resolución de la OMS de incluir los CEM de RF dentro del Grupo 2B de *substancias o agentes posiblemente cancerígenos* en humanos, en base al *principio de precaución* ([www.who.int/emf](http://www.who.int/emf)).

Las razones que a continuación exponemos, están soportadas por cerca de 25 años de investigación sobre: "Posibles efectos biológicos de los campos magnéticos estáticos y alternos, de baja (0.1-100 Hz) y alta frecuencia (9.6 GHz y 13.6 GHz) en neuronas y astrocitos humanos, normales y de astrocitoma" que llevamos realizando en el Laboratorio de Magnetobiología de la Universidad de Zaragoza.

Como nuestra presentación decir que la Prof. Dra. Azanza formó parte del primer *Grupo de Expertos Independientes en CEM y Salud* que la *Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral* estableció en el año 2001. Con los estudios recogidos y teniendo en cuenta las disposiciones del Real Decreto 1066/2001, en el año 2002 el Ministerio de Sanidad publicó un *Informe Técnico* (web. del Ministerio de Sanidad, sección Libros: *Campos Electromagnéticos y Salud Pública, 2002*). En dicho informe se cita un acuerdo de la OMS por el cual, y siguiendo el consejo de la IARC de Junio de 2001, se habían incorporado en el Grupo 2B los CEM de *frecuencia extremadamente baja* (ELF en adelante). Como se describe en la resolución: *ante la evidencia epidemiológica que sugiere que en una población expuesta a los campos magnéticos, de baja frecuencia, de intensidad promediada, por encima de 0.4 microTeslas, el doble de niños podrían desarrollar leucemia comparado con una población con exposiciones más bajas*. Es decir, no es la primera vez que la OMS se define en relación con la exposición a CEM como posible fuente de carcinogénesis.

En el mismo *Informe Técnico* del Ministerio de Sanidad, se dice que *los CEM no se consideran iniciadores de cáncer pero sí podrían actuar como copromotores*. Según esto, los CEM no serían capaces de *iniciar* un proceso canceroso pero, una vez producida una transformación cancerosa en una célula, por cualquiera de las vías posibles, los CEM podrían potenciar dicho efecto (*copromotores*). Es decir, aunque de forma tibia, ya se asociaba CEM con carcinogénesis.

La capacidad de *iniciar* un proceso canceroso se ha demostrado ampliamente en el conocido Proyecto REFLEX (ver comunicado resumen del Dr. F. Adlkofer en Google) en el que participaron 12 países europeos con el fin de comprobar si los resultados obtenidos podían ser replicados simultáneamente por varios grupos de investigación. Los resultados mostraron que los CEM relacionados con los TM, tanto de baja (GSM: 8 y 217 Hz; DTX: 2, 8 y 217 Hz) como de alta frecuencia (GSM: 1.8 GHz), producen efectos genotóxicos (daño en el ADN) (ver F. Adlkofer, *Bioelectromagnetics*, pp. 331-354, Eds. S. N. Ayrapetyan y M.S. Markov, 2006, Springer-Verlag, Berlin).

La capacidad de *potenciar* un proceso canceroso ya iniciado, es decir, actuar como agentes *copromotores* de cáncer, la hemos demostrado recientemente en nuestro Laboratorio de Magnetobiología. Los *gliomas* que se citan en el comunicado de la OMS, son tumores cerebrales producidos por células de *glia*. Entre ellas, los astrocitos son responsables de más del 90% de los gliomas. En nuestros experimentos se expusieron astrocitos de astrocitoma humano en cultivo a estrechos pulsos de RF en el rango de los utilizados en radares de banda X (9.6 GHz), en condiciones de potencia (0,6 mW) que *no* produjeran calentamiento de las muestras (*efecto subtérmico*). La alta frecuencia portadora de 9,6 GHz, estaba *modulada en amplitud por señal de ELF*, esto es, como las que portan las ondas EM de radiodifusión, TV y telefonía móvil inalámbrica. La exposición durante 24 h condujo a un aumento altamente significativo de la proliferación celular (del orden del 40% de células iniciales) por incremento de las denominadas *proteínas antiapoptóticas* (C.Pérez-Castejón, R. N. Pérez-Bruzón, M.Llorente, N.Pes, C.Lacasa, T.Figols, M.Lahoz, C.Maestú, A. Vera, A.del Moral and M.J. Azanza. *Histology and Histopathology*, vol.24, 1551-1561, 2009). Es decir, los CEM pueden potenciar el efecto de carcinogénesis, ya establecido previamente, actuando por otras vías que no son, necesariamente, el daño directo en el ADN.

Ha llamado mucho la atención que, en el grupo 2B, esté también incluido el café *como posible carcinógeno*. Es bien conocido que el principio activo del café es la *cafeína*. La cafeína es una molécula que, dentro de las células, interacciona en los *receptores rianodina* de la superficie del retículo endoplasmático liso, almacén de iones de calcio (Ca<sup>++</sup>). Como consecuencia se liberan iones Ca<sup>++</sup> en el citoplasma celular. Los iones Ca<sup>++</sup> actuando como *segundos mensajeros* (los *primeros mensajeros* son, por ej., las hormonas y los neurotransmisores), son capaces de activar una serie de procesos clave para el funcionamiento de un elevado número de células diferentes (ver la reputada mundialmente *Biología Molecular de la Célula*, B. Alberts y otros, Ed.Omega). Los efectos inducidos dependen de la especialización de cada célula. Por poner algunos ejemplos: **a)** inician la *contracción muscular*; **b)**

activan la *división celular* aumentando la *proliferación* celular; *c*) interfieren en los mecanismos de *apoptosis* (muerte celular programada genéticamente), caso de nuestros experimentos con células de *astrocitomas humanos*; *d*) las concentraciones muy elevadas de iones  $Ca^{++}$  producen la *citotoxicidad por calcio*, causa de la muerte celular asociada, por ej. a un *ictus* producido por *isquemia*; *e*) regulan la *incorporación* de sustancias y la *secreción*, por ej., de hormonas y neurotransmisores. Pues bien, en nuestros experimentos realizados en neuronas individuales animales expuestas a CM *estáticos* y *alternos* (desde ELF hasta frecuencias de microondas de 13.6 GHz (potencia de 5mW y condiciones subterómicas)) hemos demostrado que la *caféina mimetiza*, es decir, produce el mismo efecto que los producidos por los CEM aplicados: *estimulación o inhibición* de la actividad bioeléctrica de las neuronas (M. J. Azanza, *Brain Research*, vol. 48:195-198,1989; M. J. Azanza and A. del Moral, *Prog. Neurobiol.* Vol.44:517-601,1994, artículo de revisión). Es de señalar que nuestros trabajos están recogidos y han sido destacados en el documento publicado por la OMS en 2004: *Criterios para la salud medioambiental: campos magnéticos estáticos* (web. de la OMS).

Es significativo, por tanto, destacar el craso error de decir, como algún medio ha publicado, que las ondas de TM “no pueden atravesar las membranas celulares”, cuando éstas están formadas por *material dieléctrico* (fosfolípidos, proteínas y colesterol), completamente transparente a la radiación EM (salvo débiles reflexión y absorción). Un modelo teórico desarrollado por nosotros explica la liberación de iones  $Ca^{++}$  como consecuencia de la interacción del CM/CEM con las membranas celulares (A.del Moral and M.J.Azanza. *J.Magn.Magn.Mat.* vol.114:240-242,1992). La liberación de  $Ca^{++}$  es sutil, siendo debida al campo magnético de ELF que modula la RF, dado que la membrana actúa como un dispositivo *demodulador o detector*, similar a como lo hacen los dispositivos electrónicos de que van provistos los receptores de radio, TV y telefonía móvil, sólo que en las células lo hacen las moléculas de la membrana (fosfolípidos) mediante un complejo mecanismo que hemos dominado *superdiamagnetismo y repulsión eléctrica del  $Ca^{++}$*  (a ambos lados de la membrana) y difusión de los iones  $Ca^{++}$  dentro de la célula, en remarcable buen acuerdo con los datos experimentales (A.del Moral, *conferencia oral en el Congreso EuMW2008* (sobre microwaves), *Ámsterdam,2008*; M. J. Azanza, A. del Moral and R. N. Pérez-Bruzón. en: *Advanced Microwave and Millimeter Wave Technologies, InTech, Ed. M. Mukherjee, pp.589-626,2010, Croacia*).

Es correcto afirmar que los estudios *epidemiológicos* son escasos. En el caso del tabaquismo se dispone de dos poblaciones claramente definidas: fumadores y no fumadores. Y, en estos últimos, se puede contar el número de cigarrillos/cajetillas que se consumen diariamente. Además, tenemos un *órgano diana* para su estudio: el sistema respiratorio. De hecho, en EEUU, la relación entre consumo de tabaco y cáncer de pulmón ya era evidente en 1950 ¿Cuándo fue reconocido por las autoridades sanitarias?. En el caso de los posibles efectos cancerígenos de los CEM de RF ambientales es muy complejo cuantificar la exposición (frecuencia, intensidad), el tiempo de exposición (dosis) y definir un posible órgano diana. En la TM, si se manejan el manos-libres o los auriculares, es más difícil establecer una posible correlación que si se mantiene el TM pegado al oído. En términos generales, la mayoría de los usuarios tampoco podríamos definir con gran exactitud el tiempo al día que usamos el móvil. Es decir, los estudios epidemiológicos son difíciles de realizar (ver *Proyecto Interphone* en Google). Indicaremos que para el uso correcto del TM pueden consultar en la web. de la Sociedad Española de Protección Radiológica dos documentos de interés: *Recomendaciones para el uso del móvil y Preguntas y respuestas más frecuentes sobre la telefonía móvil*.

Es correcto afirmar que no se ha demostrado una *relación causal*. La relación causal, i.e. causa – efecto, en sentido estricto, solo la podemos establecer a nivel de biología molecular. En el caso de riesgo de cáncer por la extensión de la telefonía móvil, exposición de la población a las antenas emisoras por ej., salvo en casos muy concretos y reconocidos, es muy difícil establecerla de momento en humanos. En el caso del uso del teléfono los estudios del Dr. L. Hardell (ver en Google), sí han demostrado una clara relación causal. Inicialmente la estableció este investigador para los teléfonos inalámbricos, al encontrar una incidencia de tumor benigno del nervio acústico, neuroma, en el lado derecho o en el izquierdo dependiendo del oído sobre el que se apoyaba el teléfono. Posteriormente, tal correlación la está extendiendo al TM a medida que, con los años, a partir de la década de 1990, se ha incrementado su uso. Incluso en el *Proyecto Interphone*, se indica *evidencia limitada* de carcinogénesis por el uso del TM en humanos, pero *suficiente* en animales de experimentación, que ha llamado la atención en muchos lectores de la resolución de la OMS. Esta es la realidad, la evidencia científica, todo lo demás son un conjunto de *apreciaciones* infundadas científicamente, lo que consideramos que no es serio. Nuestros resultados experimentales y modelos biofísicos teóricos (en los que continuamos investigando dentro del Proyecto Europeo: *Efectos biológicos de las radiofrecuencias, ERG 101.013*, con la participación de seis países: Gran Bretaña, Suecia, Holanda, Bélgica, Italia y España, desde 2006) en células de astrocitoma humano en cultivo, ya citado antes, no los podemos extrapolar completamente a humanos. Irradiamos una *monocapa* de células que están creciendo en cultivo, fuera del cuerpo, y no disponen de las numerosas vías de regulación intercelular y mecanismos de defensa cuyo máximo exponente es el sistema inmunitario. No obstante, los experimentos con células en cultivo (*in vitro*) nos permiten establecer una relación *directa* causa-efecto entre exposición y crecimiento tumoral y explicar las alteraciones observadas a nivel molecular. El valor de la experimentación sea en animales o en células en cultivo es el de proporcionar la *evidencia* de un hecho que es *posible* que ocurra a nivel de humanos si se dan ciertas condiciones bien controladas. Conviene *destacar* que los CEM que hemos utilizado en los citados experimentos, se hicieron con una potencia de radiación de 0,6 miliwatios (mW), comparada p.ej. con la potencia (media) emitida por un teléfono móvil, entre 100 y 2000 mW (Google).

En relación con que el aspecto de que no se *cuantifica el riesgo*, comentar lo siguiente. En el Documento original: WHO, Press Release N°208, 31 de Mayo, en la página 2 se dice: *El grupo de trabajo* (se refiere al estudio Interphone) *no cuantificó el riesgo; sin embargo, un estudio previo, sobre el uso del TM, hasta el año 2004, mostró un* (precisamente) *40% de incremento del riesgo de desarrollar un glioma, en la categoría de los mayores usuarios del TM. En media: uso diario del TM de 30 minutos durante un periodo de 10 años.* Téngase en cuenta que un glioma en humanos tarda en desarrollarse entre 15 y 30 años y la generalización del uso del TM en la población es un hecho

de los últimos 15 años (en el mundo hay prácticamente un TM por habitante: 5.000 millones, en términos globales, web.OMS).

Nuestra sociedad tecnológicamente avanzada no puede, desde luego, mantenerse sin el uso de los CEM. Por poner algunos ejemplos sencillos: las telecomunicaciones (radio y TV); los sistemas de control del espacio aéreo; los radares de localización y orientación, ¿se imaginan la navegación aérea y marítima sin radares?; los conocidos inhibidores de CEM frente a acciones hostiles contra la población; sistemas de control a distancia, etc. etc., etc. Destacar que en Rusia y EEUU ya se establecieron en la década de 1970, criterios de exposición para los trabajadores con radiaciones de microondas. Por ello debemos conocer *científicamente* los efectos de los abundantes CEM (frecuencia, potencia, SAR y dosis recibida) para conseguir que la población viva en condiciones de seguridad, no solo para la salud, sino también para mantener nuestro medio ambiente. Para ello se necesita hacer más investigación, petición unánime en los artículos consultados, con apoyo de los adecuados recursos económicos públicos (Gobiernos y Autonomías) o privados. Este no es el caso de este campo de investigación, no incluido en las *Áreas Nacionales Prioritarias de Investigación* españolas y para el cual las dotaciones autonómicas son realmente exiguas.

Queremos resaltar por último que la OMS está aplicando el *Principio de Precaución*. Este principio se aplica cuando una evaluación científica objetiva indica que hay motivos razonables de preocupación por los potenciales efectos peligrosos sobre la salud o el medio ambiente, a pesar de los niveles de protección adoptados (leyes), que deben ser *modificados* frente a las evidencias científicas encontradas por los investigadores, las cuales evolucionan. ¡Recordemos el tabaco, de uso y hábito social muy extendido hace apenas unas pocas decenas de años y ahora contraindicado por las autoridades sanitarias con el “*puede matar*” en las cajetillas¡.

Prof. Dra. M<sup>a</sup> Jesús Azanza,  
Catedrática de Biología Celular y Magnetobiología,  
Laboratorio de Magnetobiología,  
Facultad de Medicina, Universidad de Zaragoza  
Centro de Tecnología Biomédica (Universidad Politécnica de Madrid).

Prof. Dr. Agustín del Moral, FInsP (Londres).  
Catedrático de Física de Materia Condensada,  
Director del Laboratorio de Magnetismo y de Campos Magnéticos Intensos,  
Departamento de Física de Materia Condensada y CSIC (ICMA).  
Universidad de Zaragoza  
(Premio Español de Magnetismo “Salvador Velayos”, 2008).