

Informe técnico sobre Telefonía Móvil

Situación actual de la investigación científica sobre los riesgos sanitarios derivados de la exposición a radiaciones de microondas

Lluís Salabert*, Pere Carbonell**

*Doctorando de Ciencias Ambientales. Diplomado en Geobiología y Salud del Hábitat (UPC)

**Doctor en Ciencias Físicas. Jefe de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Universitario Dr. Josep Trueta y Hospital Sta. Caterina de Girona

CELLULAR PHONE INFORM. SALABERT LL, CARBONELL P.

Key words: Microwaves. Radiotoxicity. Avoidance Principle. Risk Assessment. Standards. Bioelectromagnetics.

English abstract: There is some *indicis*/epidemiological evidences that radiation of microwaves of mobile phone celular and base station is a health risk.

Palabras clave: Microondas. Radiotoxicidad. Principio de precaución. Riesgos. Estándares. Bioelectromagnetismo.

Resumen: Hay algunas evidencias epidemiológicas que indican que las radiaciones de microondas de los teléfonos móviles y estaciones base son perjudiciales para la salud.

Introducción

La proliferación descontrolada de antenas de telefonía móvil está generando un rechazo social motivado por la sospecha que las emisiones de estas antenas pueden tener efectos perjudiciales para la salud de la población que vive a una cierta distancia. Los efectos estarían relacionados con las ondas herzianas que, a diferencia de las de radio y televisión, son emitidas a una potencia muy superior. El posible riesgo, sería compartido entre antenas y teléfonos móviles individuales. La sospecha apareció a partir de ciertos estudios que vinculaban las radiaciones de microondas de los teléfonos móviles con algunas tipologías de cáncer y alteraciones en el sistema nervioso.

En este informe no podemos basarnos en los diversos estudios científicos ya que son contradictorios. Nos encontramos en una situación de incertidumbre científica. Por este motivo mientras no dispongamos de certeza científica

absoluta, partiremos del principio de precaución para tomar medidas correctoras o preventivas.

Aspectos físicos y biológicos de la telefonía móvil

La normativa actual contempla los efectos térmicos sobre la célula de la radiación electromagnética no ionizante. Lo que se refiere a los efectos no térmicos y sus consecuencias, no son contempladas por la actual regulación.

No se ha resuelto, entonces, la cuestión relacionada con los efectos adversos para la salud, y la que hace referencia al impacto ambiental, que la radiación de microondas pulsantes (RMP) de baja intensidad puede provocar.

Base física de la telefonía móvil

La telefonía celular móvil se basa en la comunicación

por radio entre el "portatil" y la estación base. Cada estación base sirve a una célula, variando entre unos centenares de metros en las zonas densamente pobladas a kilómetros en zonas rurales o distantes. Ambas están conectadas a una red telefónica convencional. Cuando el usuario se mueve de una célula (cobertura) a la otra, la comunicación se transfiere entre las estaciones base sin interrupción.

La comunicación de radio utiliza microondas de 900 o 1.800 Mhz para llevar información hablada via frecuencia de onda modulada.

La antena de la estación base irradia generalmente 60 W, la antena del teléfono entre 1 y 2 W. La antena del teléfono irradia en todas direcciones por igual. El haz de ondas de la estación base es más direccional. A 150 o 200 metros la intensidad a nivel de suelo es de unas decenas de mW/cm².

Un móvil en operación produce un campo magnético de baja frecuencia asociado, no

con las microondas emitidas, sinó con el campo eléctrico de las pilas.

Impacto biológico térmico

El calentamiento del tejido biológico es una consecuencia de la absorción de las microondas por el líquido que contiene este tejido. La energía absorbida depende en primer lugar de la intensidad de la radiación, pero también de los mecanismos de termoregulación del sistema y de ciertas propiedades de la materia biológica. No se descartan efectos biológicos cuando el calentamiento excede la temperatura de 1 grado. La normativa impone máximos para asegurar no llegar a este techo.

Testículos y ojos son los órganos más sensibles al calor; esterilidad y cataratas son sus consecuencias. Estudios y experimentación con fantasmas (aparato que ayuda a descubrir el material radiactivo depositado in vivo y permite su valoración cuantitativa y efectos) apropiadas muestran que la energía térmica depositada en la zona de incidencia en la cabeza, la llamada tasa de absorción, para la mayoría de móviles en utilizaciones normales, no supera los límites regulados. Otros efectos adversos, igualmente estudiados y experimentados, de orden subtérmico no se han tenido en cuenta en la normativa existente.

Efectos biológicos no térmicos

Debido a que las microondas son ondas electromagnéticas no se pueden descartar, a priori, efectos sutiles, no térmicos, y la influencia que estas pueden generar a nivel celular.

El cuerpo humano es un instrumento electroquímico de una exquisita sensibilidad y del que desconocemos en parte su funcionamiento y su control. Éste que se produce de varias formas por medio de procesos eléctricos oscilatorios, cada uno caracterizado por una frecuencia especí-

fica. Algunas actividades eléctricas biológicas endógenas pueden interferir vía aspectos oscilatorios de la radiación incidente. Las actividades electrobiológicas más vulnerables a interferencias incluyen la actividad celular del cerebro, con frecuencias de transmisión similares a las del rango de las microondas.

A diferencia de la energía absorbida y transformada en calor, que en gran parte depende de mecanismos propios de cada organismo, los efectos no térmicos con su manifestación oscilatoria, guardan una similitud con las oscilaciones propias de los sistemas orgánicos vivos. La interacción resultante puede provocar respuestas biológicas no previstas por el sistema. Los efectos no térmicos dependen en gran medida del estado y proceso de formación de la persona expuesta y no son, por tanto, lineales.

¿Qué sabemos experimentalmente sobre los efectos biológicos no térmicos que provocan la radiación de microondas (MWR), pulsante o bien continua, de intensidad similar a la telefonía móvil, (aunque a menudo la experimentación se realiza con frecuencias más elevadas)?

La experimentación *in vitro* nos muestra el siguiente espectro de respuestas:

- Incremento de la permeabilidad de la membrana celular en muestras de sangre²⁰.
- Efectos electroquímicos en cultivos celulares de neuroblastomas humanos²¹.
- Incremento del número de aberraciones cromosómicas y de micronúcleos en los linfocitos de sangre humana²².
- Sinergia con compuestos químicos en el efecto promotor del cáncer (transformaciones neoplásicas)²³, y otros (ver bibliografía adjunta).

En la experimentación "in vivo" se confirman las eva-

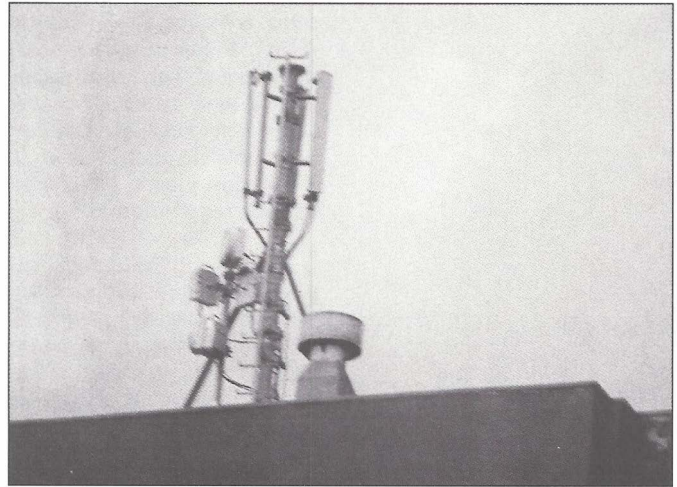


Figura 1.

luaciones experimentales "in vitro":

- Incremento de la permeabilidad de la membrana celular en células de sangre del cerebro de ratas²⁶.
- Efectos electroquímicos en el cerebro²⁷.
- Incremento del número de rupturas del ADN en células del cerebro de ratas²⁸.
- Efecto promotor de cáncer, en la formación de linfomas en ratones transgénicos²⁹.
- Efectos de sinergia, acción potenciadora, con ciertos compuestos psicoactivos³⁰, y otros (ver bibliografía adjunta).

Aunque se pueden constatar diferencias de intensidad y que la utilizada experimentalmente sea más elevada que la que emiten las estaciones base, la información que se desprende de estas referencias es igualmente válida y extrapolable, especialmente si se trata de una exposición crónica.

La naturaleza no lineal de los procesos bioquímicos o biofísicos en los sistemas vivos hace que estos sean hipersensibles a una alteración de las condiciones necesarias para una exacta replicación.

El significativo incremento (en un factor 2 o 3) en la incidencia de tumores del sistema nervioso⁴², es consistente, no tan solo por lo que hace referencia a la genotoxicología de

El calentamiento del tejido biológico es una consecuencia de la absorción de las microondas por el líquido que contiene este tejido

El cuerpo humano es un instrumento electroquímico de una exquisita sensibilidad y del que desconocemos en parte su funcionamiento y su control

estas frecuencias de campo (aberraciones cromosómicas, de micronúcleo, rupturas de ADN), sino que también resulta relevante el carácter promotor de las MWR en la formación y en el desarrollo de tumores y linfomas⁴³.

Finalmente, hace falta suponer que los adolescentes forman parte del grupo de riesgo más importante en relación a la exposición a radiaciones electromagnéticas de frecuencias propias de la telefonía móvil, especialmente a causa de los efectos de resonancia resultantes de la suma de ondas y del espesor del córtex aún en formación.

En cuanto a los efectos, hace falta también recordar la aplicación beligerante (soviética) de microondas de similar frecuencias e intensidades durante la guerra fría con la intención explícita de inducir efectos biológicos y que fue bastante exitosa⁴⁷.

Forma e intensidad de interacción de los campos electromagnéticos (CEM)

Dependen en gran parte de la medida del cuerpo y de la clase de tejido irradiado, pero también de la frecuencia e intensidad del campo. El efecto resultante de la interacción puede provocar la lesión o destrucción del tejido. Diferenciamos entre el efecto térmico y el efecto atómico.

El efecto térmico, a través de la formación de *Hot-Spots*, puede llegar a la destrucción del tejido celular (cristalino, testículos). Afectara especialmente zonas límite entre tejidos con alto y bajo contenido de agua. La temperatura crítica se establece en 42 °C.

La densidad incidente en W/cm², junto con la frecuencia y tiempo de exposición pueden ser referentes de importancia.

Las microondas de los CEM que genera la Telefonía

Móvil, son de frecuencia relativamente alta (sup. a 900 MHz, entre 1 y 2 W) con ondas poco penetrantes; según tejido hasta 2 o 3 cm de profundidad, como por ejemplo el córtex cerebral.

A una profundidad de 2 cm estas microondas electromagnéticas penetran en la región más superficial, pero también la más sensible: el cerebro. En el córtex cerebral pueden provocar un incremento de la temperatura del tejido cerebral de aproximadamente 1°C. Esta interacción es considerada un efecto atómico.

La utilización regular del teléfono móvil durante mucho tiempo puede originar un efecto térmico capaz de lesionar el ADN y provocar tumores cancerosos.

La aparición de un cáncer presupone la alteración de esta molécula de ADN a nivel del gen que sintetiza la proteína p53. Este gen es llamado "supresor del cáncer", debido a que la proteína p53 se opone a la formación cancerosa de la célula cuando se inicia la lesión. Si el gen inductor es lesionado, la proteína p53 resulta deficiente y no protege el genoma.

Estudios In Vitro

El modelo a partir del cual se diseña la experimentación se basa en los resultados que ha proporcionado la investigación del cáncer radiinducido: la asociación directa entre la lesión inducida en el ADN (entre otras, aberraciones en los cromosomas) y el agente inductor del cáncer, las radiaciones ionizantes.

Artículos publicados en la revista *Bioelectromagnetics*, años 93 y 95, muestran una experiencia que consiste en irradiar células sanguíneas (linfocitos) con CEM de una frecuencia de 2.450 MHz y de una potencia elevada, en un factor 100, pero a igual distancia de emisión durante un tiempo, inicialmente de 30 minutos y progresivamente hasta 2 horas.

Las aberraciones cromosómicas observadas fueron más numerosas cuando más prolongada resultaba la exposición. La reproducción de esta experiencia mostraba la consistencia en la relación dosis-tiempo de exposición.

Una nueva experiencia se ha hecho con ratones genéticamente modificados, "programados para desarrollar linfomas" (cáncer del tejido linfático). La experiencia se basa en la formación de dos grupos diferenciados para la exposición a CEM durante 18 meses, de una frecuencia similar a la de la telefonía móvil. Un grupo expuesto y el otro grupo en condiciones normales. Los resultados dan un incremento de cáncer en un 43% en el grupo expuesto, contraste con un incremento de un 22% en el grupo no expuesto. Un incremento significativo de tumores del sistema inmunológico directamente asociado a campos electromagnéticos de la telefonía móvil digital.

El estudio de una posible aceleración del ciclo celular relacionado con el origen de un proceso canceroso en función de una prolongada exposición a campos de alta frecuencia no muestra ninguna correlación. Este aspecto contradice otros estudios.

CEM de baja frecuencia muestran un efecto acelerador del ciclo celular.

El problema en el estudio de la relación causa-efecto radica en la dificultad de reproducir los resultados con otros métodos de experimentación, es decir, en otros laboratorios. Sobre todo por lo que hace referencia a la investigación de la interacción de los CEM con el ADN. Indicios de efectos somáticos asociados parece que existen.

Resultados fiables y reproducibles, realizados con ratones, no son necesariamente extrapolables a humanos.

Si hay una relación entre la telefonía móvil y el cáncer humano, esta se debe encontrar en las estadísticas de la epidemiología, actualmente en marcha por parte de la OMS.

Efectos atérmicos provocados por CEM de baja intensidad que induzcan la formación del cáncer en el organismo humano es poco probable. Actualmente se desconoce el mecanismo físico o físico-químico que lo explique.

También se debe decir que no se ha investigado aún ningún modelo que tenga por base el estudio de la transformación celular, en el paso de una célula normal a cancerosa.

Estos modelos darían respuesta a preguntas, entre otras, sobre la formación de mutaciones provocadas por los campos electromagnéticos atérmicos.

Mecanismos de lesión celular

La eficiencia biológica de la célula depende en gran parte de la eficiencia de la membrana celular en su función como unidad estructural que delimita compartimentos en procesos osmóticos y de potencial eléctrico, actuando de regulador en la comunicación intracelular.

Una propuesta de mecanismo interactivo entre CEM de alta frecuencia y el córtex cerebral

La telefonía móvil emite microondas en forma de impulsos (del orden de 10/s.) que pueden interferir con las ondas a que emiten las células del cerebro.

La interferencia provoca efectos de resonancia que pueden modificar, en el sentido de desestabilizar, la división celular, controlada por emisiones electromagnéticas de baja frecuencia.

Hipótesis de interacción físico-biológica

Los CEM generados por los equipos de telecomunicación

Recomendaciones y normativas sobre valores límite de exposición a radiaciones de microondas. Para antenas de menos de 1.000 W de potencia

Organismo	Densidad de potencia Para 900 MHz	Densidad de potencia Para 1800 MHz	Distancia en metros aproximado
(ex)URSS (1984)	10 μ Watts/cm ²	10 μ Watts/cm ²	30 metros
Alemania (1991) DIN/VDE	450 μ Watts/cm ²	450 μ Watts/cm ²	5 metros
IRPA (1988) International Radiation Protection Association	450 μ Watts/cm ²	450 μ Watts/cm ²	5 metros
ICNIRP (1990) International Commission on No-Ionizing Radiation Protection	1000 μ Watts/cm ²	1000 μ Watts/cm ²	-
Italia (1999) Decreto 381 10/9/1998	10 μ Watts/cm ²	10 μ Watts/cm ²	30 metros
Australia (1985)	200 μ Watts/cm ²	200 μ Watts/cm ²	10 metros
Unión Europea (1999) 12/7/1999	400 μ Watts/cm ²	800 μ Watts/cm ²	5 metros
Estados Unidos (1991) IEEE C95.1-1991	600 μ Watts/cm ²	1200 μ Watts/cm ²	5 metros
China (Medio Ambiente)	40 mWatts/cm ²	40 μ Watts/cm ²	15 metros
China (Sanidad)	10 μ Watts/cm ²	10 μ Watts/cm ²	30 metros
Suiza (2000) ORNI 23/12/1999	4,2 μ Watts/cm ²	10 μ Watts/cm ²	30-40 metros
Valores asociados a riesgos sanitarios en estudios científicos recientes	0,1 μ Watts/cm ²	0,1 μ Watts/cm ²	300 metros
Resolución de Salzburgo (2000)	0,1 μ Watts/cm ²	0,1 μ Watts/cm ²	300 metros
Cataluña (2001)	200 μ Watts/cm ²	400 μ Watts/cm ²	10 metros
Bélgica (1999) Universidad Católica de Louvain	1 μ Watt/cm ²	1 μ Watt/cm ²	50-65 metros
Unidades de medida			
1miliW = 1/1000 W	1000 miliW = 1W		
1micro W = 1/1000 mW	1000 microW = 1mW		
1nanoW = 1/1000 microW	1000 nanoW = 1 microW		

y de transporte eléctrico pueden interferir con los campos magnéticos generados por las partículas de hierro (3-4 g en el organismo adulto) que constituyen micro-ímanes y pueden alterar la maquinaria celular con la posibilidad de activar un proceso cancerígeno.

En el cuerpo humano existen otros campos magnéticos generados por la actividad eléctrica de ciertos órganos, como el corazón y el sistema nervioso, que pueden resultar alterados por la interferencia de CEM externos.

Estudios científicos destacados

Entre los diversos estudios citados en la bibliografía, el Dr. G. J. Hyland, observó un aumento de seis veces en rotura de cromosomas ADN en vacas sometidas a una exposi-

ción parecida máxima de 0,1 microWatts/cm².

Los estudios del Dr. H. Lai (*Bioelectromagnetics*, 1995, 1997) descubren que con sólo 0,1 microWatts/cm² de potencia es suficiente para romper enlaces sencillos de la molécula de ADN en tejido cerebral de rata.

Un estudio del gobierno australiano (*Rapport australian. Emfactas Information Service* 1996;240) indica que a 200 metros de una estación de Telefonía Móvil, las personas expuestas manifestaban mayoritariamente síntomas como alteraciones del sueño, alergias múltiples, fatiga crónica y menopausias prematuras. Estos efectos son también asociados a los problemas supuestamente causados por las radiaciones de microondas.

El Dr. Neil Cherry (Director de la Unidad de Investiga-

ción Climática de la Universidad de Lincoln Christchurch, Nueva Zelanda), experto en radiaciones no ionizantes, afirma que el nivel de exposición a los ciudadanos no debería superar los 0,1 microWatts/cm², ya que la energía de las radiaciones de microondas "cambian las condiciones físicas, químicas o biológicas del aire donde se emiten".

El estudio Lilienfeld (*Foreign Service Health Status Study. Final report contract n° 6025-619037* (NTS publication PB -288163). Washington, DC.: Department of State, 1978) recoge el caso de la exposición continua a radiación de microondas a que fueron sometidos los miembros de la embajada de los Estados Unidos en Moscú. El personal de esta embajada recibió densidades de potencia de 2-8 μ Watts/cm² (con frecuencias entre 0,6 y 9,5 GHz)

Grado de Riesgo	Riesgo cero	Riesgo incierto	Riesgo reconocido
Niveles de Radiación	0 $\mu\text{Watts/cm}^2$	>0-1000 $\mu\text{W/cm}^2$	>1000 $\mu\text{Watts/cm}^2$
Criterio de Aplicación	Localización "segura"	Principio de Precaución	Normativas Internacionales

con una media por persona de 2 a 4 años. El estudio concluye que tres embajadores de los EUA que murieron sucesivamente, así como otras personas de la embajada, fue por la radiación de microondas desde 1953 hasta 1976. Además el estudio incluye una serie de alteraciones debidas a esta exposición a radiación de microondas que comprendía: disfunción ocular, fatiga, alteraciones del sueño, alteraciones dermatológicas, tumores, alteraciones hematológicas, anomalías reproductivas y cardiológicas, depresión, irritabilidad y alteraciones en la memoria entre otras.

La Resolución, de junio del 2000, sobre antenas de telefonía móvil de la *International Conference on Cell Tower Siting, Linking Science & Public Health* organizada por el Ayuntamiento de Salzburg y la Universidad de Viena, recomienda un valor límite de 0,1 $\mu\text{Watts/cm}^2$ para la exposición pública de ciudadanos a radiaciones de microondas pulsantes, emitidas por las antenas de telefonía móvil (*Resolution. International Conference on Cell Tower Siting, Linking Science & Public Health. Salzburg 8/6/2000*).

Conclusiones

- Aunque no haya consenso científico sobre los efectos perjudiciales de la telefonía móvil, si hay una aceptación sobre los efectos biológicos.
- A nivel mundial hay muchas diferencias en valores de referencia de la densidad de potencia:
 - En EUA y Europa Occidental las regulaciones se basan en los riesgos identificados.
 - En Rusia y países del Este se basan también en evidencias científicas que son diferentes a las de los países occidentales.

- En Suiza e Italia hay regulaciones basadas no en hechos científicos, sino en un principio de cautela, dividiendo por 100 el valor de ICNIRP.
- El gobierno de Nueva Zelanda acepta la guía ICNIRP y sugiere que a la hora de colocar la estación base, se sitúe en un lugar de menor exposición para la población.

- Existe incertidumbre científica en valores 2.000 veces inferiores a los propuestos por el Decreto de la Generalitat de Catalunya.
- Existen normativas internacionales 20 veces más bajas que el mismo Decreto de la Generalitat de Catalunya.
- Los científicos que han encontrado un riesgo para la salud, en valores superiores a 0,1 mW/cm^2 , afirman que su peligrosidad está en el tiempo de exposición prolongado de varias horas seguidas al día, durante varios años.
- Si existen espacios en el territorio local alejados de la población, como suele suceder en zonas rurales, se deben instalar las antenas en estos espacios.
- Será necesario observar si se cumple el principio de precaución recomendado por la Unión Europea, consistente en aplicar medidas en situaciones de incertidumbre científica. En este caso recomendamos utilizar el valor de referencia más bajo, 0,1 mWatts/cm^2 , en que diversos estudios científicos nos aportan indicios de riesgo sanitario.
- Un proyecto de implantación de antenas de Telefonía Móvil debería

someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental del despliegue de la telefonía móvil, teniendo en cuenta: el impacto en el paisaje, el impacto sobre la salud, el impacto socioeconómico y otros impactos de aspectos relacionados.

Bibliografía

1. Independent Exparat Group on Mobile Phones. Mobile phones and health. London: Stationery Office, 2000 and <http://www.iegmp.org.uk/>.
2. Anon. Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys 1998;74:494-522.
3. Hyland GJ. In: Scientific advisory system: mobile phones and health. London: Stationery Office, 1999;11(15):86-91.
4. Rothman KJ. Epidemiological evidence on health risks of cellular telephones. Lancet 2000;356:1837-40.
5. Gandhi OP, Lazzi G, Furse CM, et al. Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz. IEEE Trans MTT 1996;44:1884-97.
6. Smith CW, Best S. Electromagnetic man. London: Dent & Sons, 1989.
7. Fröhlich H. The biological effects of microwaves and related questions. Adv Electronics Electron Phys 1980;53:85-152.
8. Fröhlich H, ed. Biological coherence and response to external stimuli. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
9. Grundler W, Kaiser F. Experimental evidence for coherent excitations correlated with cell growth. Nanobiology 1992;1:163-76.

10. Hyland GJ. Non-thermal bioeffects induced by low intensity microwave irradiation of living systems. Engineering Sci Educ J 1998;7:261-9.

11. Marks P. Danger signals: now it's official: avionics and mobile phones do not mix. New Scientist 2000;166:7.

12. Harding GFA, Jeavons PM. Photosensitive epilepsy. London: MacKeith Press, 1994.

13. Tattersall J. New Horizons 1999;autumn:11.

14. Shcheglov VS, Belyaev IY, Alipov YD, Ushakov VL. Power-dependent rearrangement in the spectrum of resonance effect of millimetre waves on the genome conformational state of Escherichia coli cells. Electro-Magneto-biol 1997;16:69-82.

15. Golant MB, Mudrick DG, Kruglyakova OP, Izvol'skaya VE, et al. Effect of EHF radiation polarization on yeast cells. Radiophys Quantum Electron 1994;37:82-4.

16. Lukashevsky K, Belyaev IY. Switching of prophage * genes in E coli by millimetre waves. Med Sci Res 1990;18:955-7.

17. Smolyanskaya AZ, Vilenskaya RL. Effects of millimetre-band electromagnetic radiation on the functional activity of certain genetic elements of bacterial cells. Sov Phys Usp (English transl) 1974;16:571-2.

18. Penafiel LM, Litovitz T, Krause D, Desta A, Mullins JM. Role of modulation on the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity in L929 cells. Bioelectromagnetics 1997;18:132-41.

19. Lyle B, et al. Suppression of T-lymphocyte cytotoxicity following exposure to sinusoidally amplitude-modified fields. Bioelectromagnetics 1983;4:281-92.

20. Savopol T, Moraru R, Dinu A, Kovács E, Sajin G. Membrane damage of human red blood cells induced by low power microwave radiation. Electro-Magneto-biol 1995;14:99-105.

21. Dutta SK, Subramoniam A, Ghosh B, Parslad R. Microwave radiation-induced calcium ion efflux from human neuroblastoma cells in culture. *Bioelectromagnetics* 1984;5:71-8.
22. Garaj-Vhovac V, Fucic A, Horvat D. The correlation between the frequency of micronuclei and specific aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation in vitro. *Mutation Res* 1992;281:181-6.
23. Balcer-Kubiczek EK, Harrison GH. Neoplastic transformation of C3H/10T1/2 cells following exposure to 120 Hz modulated 2.45 GHz microwaves and phorbol ester tumour promoter. *Radiation Res* 1991;126:65-72.
24. Sidorenko AV, Tsaryk VV. Electrophysiological characteristics of the epileptic activity in the rat brain upon microwave treatment. In: *Proceedings of Conference on Electromagnetic Fields and Human Health*. Moscow, 1999;September:283-4.
25. Youbicier-Simo BJ, Bastide M. Pathological effects induced by embryonic and postnatal exposure to EMFs radiation by cellular mobile phones (written evidence to IEGMP). *Radiat Protect* 1999;1:218-23.
26. Parasson BRR, Salford LG, Brun A, et al. Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication. *Wireless Networks* 1997;3:455-61.
27. Frey AH, ed. *On the nature of electromagnetic field interactions with biological systems*. Austin, TX: RG Landes, 1994.
28. Lai H, Singh NP. Single and double-strand DNA breaks after acute exposure to radiofrequency radiation. *Int J Radiation Biol* 1996;69:13-521.
29. Repacholi MH, Baster A, Gebiski V, Noonan D, Finnie J, Harris AW. Lymphomas in E μ -Pim 1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiation Res* 1997;147:631-40.
30. Lai H, Horita A, Chou CK, Guy AW. A review of microwave irradiation and actions of psychoactive drugs. *Engineering Med Biol* 1987;6: 31-6.
31. Reiser H-P, Dimpfel W, Schober F. The influence of electromagnetic fields on human brain activity. *Eur J Med Res* 1995;1:27-32.
32. Mann K, Roschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology* 1996;33:41-7.
33. Borbely AA, Huber R, Graf T, et al. Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett* 1999;275:207-10.
34. Freude G, Ullsparager P, Eggert S, Ruppe I. Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials. *Bioelectromagnetics* 1998;19:384-7.
35. Krause CM, et al. Effects of electromagnetic field emitted by cellular telephones on the EEG during a memory task. *NeuroReport* 2000;11:761-4.
36. Braune S, Wrocklage C, Raczek J, Gailus T, Lüchling CH. Resting blood pressure increase during exposure to radio-frequency electromagnetic field. *Lancet* 1998;351:1857-8.
37. Gos P, Eicher B, Kohli J, Heyer WD. Extremely high frequency fields at low power density do not affect the division of exponential phase *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Bioelectromagnetics* 1997;18:142-55.
38. Malyapa RS, Ahern EW, Bi C, et al. DNA damage in rat brain cells after in vivo exposure to 2450 MHz electromagnetic radiation and various methods of euthanasia. *Radiation Res* 1998;149:637-45.
39. Kaiser F. The role of chaos in biological systems. In: Barrett TW, Pohl HA, eds. *Energy transfer dynamics*. Berlin: Springer-Verlag, 1987;224-36.
40. Winkler T, Sharma HS, Stalberg E, Olsson Y, Dey PK. Impairment of blood-brain barrier function by serotonin induces desynchronization of spontaneous cerebral cortical activity: experimental observations in the anaesthetized rat. *Neuroscience* 1995;68:1097-104.
41. Barbanti P, Bronzetti F, Ricci A, et al. Increased density of dopamine D5 receptor in parainferal blood lymphocytes of migraineurs: a marker of migraine? *Neurosci Lett* 1996; 207: 73-76.
42. Carlo GL. *Wireless telephones and health: WTR Final Report*. Presented to the French National Assembly 2000;19 June.
43. Repacholi MH, Basten A, Gebiski V, Finnie J, Harris AW. Lymphomas. In: E μ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res* 1997;147: 631-40.
44. Scientific Advisory System: mobile phones and health. London: Stationery Office 1999; I:36.
45. Andersen JB, Pedersen GF. The technology of mobile telephone systems relevant for risk assessment. *Radiat Prot Dosim* 1997;72:249-57.
46. Löscher W, Käs G. Conspicuous behavioural abnormalities in a dairy cow herd near a TV and radio transmitting antenna. *Pract Vet Surg* 1998;79:437-44.
47. Goldsmith JR. Epidemiological evidence of radiofrequency radiation (microwave) effects on health in military, broadcasting, and occupational studies. *Int J Occup Environ Health* 1995;1: 47-57.
48. Johnson Liakouris AG. *Arch Environm. Health* 1998;53:236-8.
49. Repacholi MH, et al. *Radiation Research* 1997;147: 631-40.
50. Hardell L, et al. *Int. J Oncology* 1999;15:113-6.
51. *Rapport australien*. Emfactas Information Service 1996;240.
52. Lai H, et al. *Bioelectromagnetics* 1991;12:27-33.
53. A.C.G.I.H. *TLV's Valores límite e índices de exposición para 1990-1991*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Generalitat Valenciana. Conselleria de Treball y Seguretat Social, 1990.
54. Ayala Montoro, J. *Ondas Electromagnéticas y Medio Ambiente*. Cátedra de Electromagnetismo. Universidad de Valladolid, 1994.
55. Bardasano JL, ed. y Jornadas sobre Contaminación Electromagnética y Medio Ambiente. Instituto de Bioelectromagnetismo "Alonso de Santa Cruz". Universidad de Alcalá de Henares, 1990.
56. Costa Morata P. *Electromagnetismo (silencioso, ubicuo e inquietante)*. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos y de Telecomunicación. Madrid: Ed. Troya, 1996.
57. Costa Morata P, Fernández Navarrete L. *Radiaciones No Ionizantes*. En: *Planificación ambiental de las ciudades*. Madrid: Universidad Autónoma/Dirección General de Medio Ambiente (MOPU), 1982.
58. *Generalitat de Catalunya*. *Projecte de Decret d'ordenació ambiental de les instal·lacions de radiocomunicació*, 2000.
59. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: *Radiaciones No Ionizantes*. Prevención de Riesgos, Mayo, 1988.
60. Leal J. *Las Radiaciones no ionizantes: características y normativas*. Serveis Municipals i Eficiència Energètica. Experiències i previsiones de futur en el camp de l'energia. Diputació de Barcelona, 1995.
61. Office Fédéral de l'Environnement. *Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant*. Suïssa, 1999.
62. Organización Mundial de la Salud: *Environmental Health Criteria*. 137: *Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)*. WHO, Ginebra, 1993.
63. *Resolución del Parlamento Europeo sobre campos electromagnéticos*, presentada por el diputado Paul Lannoye. (A3-0238/94). Mayo, 1994.
64. *Resolución del Parlamento Europeo sobre campos electromagnéticos*, presentada por el diputado Gianni Tamino. (A4-0101/99). Marzo, 1999.
65. Vergara F. *Riesgos para la salud humana de las exposiciones ambientales a campos eléctricos y magnéticos* en Física y sociedad, *Revista del Colegio Oficial de Físicos*, 1999;10.