

## Radiaciones electromagnéticas y salud en la investigación médica

### Electromagnetic radiations and health in medical research

**Tte. Cor. José Luis Pérez Alejo<sup>I</sup>; Tte. Cor. Reymundo Miranda Leyva<sup>II</sup>**

<sup>I</sup>Doctor en Ciencias. Investigador Titular. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>II</sup>Especialista de II Grado en Medicina Tradicional y Natural. Máster en Medicina Tradicional y Natural. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

Se realizó una búsqueda informativa a través de la consultoría BIOMUNDI relacionada con radiaciones electromagnéticas y afectaciones al estado de salud. El resultado de la búsqueda refleja la actualidad del tema y la importancia que se presta por los sistemas de salud a este aspecto que muchos han llamado la "epidemia del desarrollo científico-tecnológico". Se confirma en muchas investigaciones la fuerte relación entre radiaciones electromagnéticas y cáncer.

**Palabras clave:** Radiaciones electromagnéticas, afectaciones a la salud, cáncer, efectos biológicos.

---

#### ABSTRACT

A information search was carried out in BIOMUNDI consultancy firm related to electromagnetic radiations and the affections to health status. Findings showed the subject updating and significance that health systems offer on this feature called the "the epidemic of scientific-technological development". In many researches it is verified the strong relation between the electromagnetic radiations and the cancer.

**Key words:** Electromagnetic radiations, health affections, cancer, biological effects.

¿Qué se entiende por "radiaciones electromagnéticas"? La respuesta a esta pregunta habrá que buscarla en la caracterización física del "Espectro Electromagnético". Se encuentra que este espectro lo divide una línea en 2 partes: La que corresponde a las "radiaciones ionizantes" y la de las "radiaciones no ionizantes".

Las radiaciones ionizantes con frecuencia alta y longitud de onda más corta que la luz visible y cuya energía emitida es suficiente para romper las uniones químicas, y las radiaciones no ionizantes con frecuencias bajas y longitud de onda más larga que la luz visible que no tienen nunca la suficiente energía como para romper las uniones químicas.

En el espacio que rodea a una carga eléctrica, se forma un campo electrostático con determinadas propiedades físicas; de la misma manera en el espacio que rodea a un conductor recorrido por una corriente eléctrica, se forma un campo especial denominado "campo magnético".<sup>1</sup> Cuando el campo de cargas eléctricas es de magnitud invariable e inmóvil de una carga respecto a la otra, se dice que existe un "campo electrostático", que no revela ninguna acción magnética. Sin embargo, si las cargas eléctricas se desplazan unas con respecto a las otras o varían de magnitud; variará el campo eléctrico creado en ellas, y entonces se percibirán las acciones magnéticas al mismo tiempo que las eléctricas, generándose un "campo electromagnético".

La forma más conocida de energía electromagnética es la luz solar. La frecuencia de la luz solar (luz visible) puede ser tomada como línea divisoria entre la radiación ionizante (rayos gamma, rayos X) y la no ionizante (radiofrecuencias y microondas) (Fig.).

Los campos electromagnéticos (CEM) están presentes en muchos fenómenos naturales: las galaxias, el sol, las estrellas; las que emiten radiaciones de baja potencia y además en la atmósfera existen cargas eléctricas que generan campos magnéticos a los que se está sometido permanentemente y que se hacen mucho más intensos, por ejemplo, durante las tormentas eléctricas.<sup>2</sup> Pero a estos campos electromagnéticos naturales, se les han unido en el último siglo un amplio número de "campos artificiales", creados por el hombre, que nos exponen a diario a una radiación adicional; como son los casos del sector de la electrónica, las telecomunicaciones y electricidad entre otros. Aspectos sin los cuales hoy es imposible la vida moderna. El llamado "efecto electropolución".<sup>3-5</sup> El espectro de las radiaciones no ionizantes se divide de acuerdo con la potencia de las radiaciones en: radiofrecuencias, que comprende radio, TV, telefonía móvil entre otras y las microondas que se mueven entre  $10^9$  y  $10^{12}$  Hz. (fig.). A su vez las radiofrecuencias se clasifican de acuerdo a la potencia de emisión en baja, media, alta, muy alta y ultra alta ([cuadros 1](#) y [2](#)).

## **AFECTACIONES AL ESTADO DE SALUD**

Las radiaciones electromagnéticas conllevan el peligro de "efectos biológicos" que pueden desencadenar en "efectos adversos" para la salud. Es importante comprender la diferencia entre estos tipos de efectos al estresor electromagnético.

Un "efecto biológico" ocurre cuando la exposición produce un cambio en las condiciones fisiológicas detectable en un sistema biológico y un "efecto adverso" ocurre cuando el efecto biológico sobrepasa el límite normal de variabilidad fisiológica del organismo, presentando dificultad de adaptación con detrimento del estado de salud. Algunos "efectos biológicos" pueden ser inocuos, como por ejemplo, el incremento del flujo sanguíneo en la piel, como respuesta a un ligero calentamiento del cuerpo por la radiación solar, ventajosos como la ayuda en la producción de vitamina D o adversos como el cáncer de piel.<sup>1,6-11</sup>

Las radiaciones entre 30 kHz y 300 MHz y las microondas entre 300 MHz y 300 GHz, provocan vibraciones moleculares, produciendo calor; de ahí su empleo doméstico, médico, industrial; con lo cual pueden producirse quemaduras a partir de una determinada cantidad de radiación.<sup>2</sup> La influencia de las radiaciones electromagnéticas sobre la salud puede ser de tres tipos: ([cuadro 3](#))

- Efectos térmicos.
- Efectos no térmicos.
- Efectos atérmicos.

### **Efectos térmicos**

Cuando la energía electromagnética causa un aumento mensurable de la temperatura del objeto o persona (0,1-2 °C).<sup>12,13</sup> La absorción de radiofrecuencias y microondas en un medio material tiene aparejado calentamiento,<sup>12-15</sup> de manera tal que la intensidad de la radiación podría provocar un incremento de la temperatura; se produce un cambio en la orientación espacial (oscilación) de las moléculas bipolares, principalmente el agua e iones.<sup>11</sup> La energía electromagnética pasa a calórica y los tejidos se calientan dependiendo de:

- Densidad de las radiaciones.
- Cantidad de moléculas bipolares de los tejidos sobre todo el agua e irrigación sanguínea del órgano en cuestión.

De ahí que los órganos más afectados por radiación electromagnética son los de poca irrigación como el cristalino y humor vítreo del ojo, los órganos parenquimatosos y otros como el hígado, páncreas, ganglios linfáticos, las gónadas y órganos huecos como el estómago, vejiga y vesícula biliar.

La acción térmica se manifiesta cuando la densidad de flujo o densidad de potencia tenga valores menores de 10 mW/cm<sup>2</sup>. El calentamiento inducido por radiaciones electromagnéticas provoca respuestas fisiológicas y termorreguladores, incluyendo menor capacidad para realizar tareas físicas y psíquicas, debido al aumento de la temperatura corporal. La acción biológica de las ondas electromagnéticas han sido clasificadas según densidades de potencia en:

- Densidad de potencia mayor de 10 mW/cm<sup>2</sup> con predominio de efectos térmicos bien definidos.
- Densidades de potencia entre 1 y 10 mW/cm<sup>2</sup> con efectos térmicos ligeros pero perceptibles.
- Densidades de potencia menores de 1 mW/cm<sup>2</sup> con efectos térmicos poco probables.

### **Efectos no térmicos**

Se producen cuando la energía de la onda es insuficiente para elevar la temperatura por encima de las fluctuaciones de temperatura normales del sistema biológico estudiado. Hay evidencias de que exposiciones prolongadas a la baja intensidad son potencialmente nocivas. Las radiaciones electromagnéticas por debajo de 1 mW/cm<sup>2</sup> no producen calentamiento significativo, sino que induce corrientes y campos eléctricos en los tejidos, los cuales se miden en términos de densidad de corriente y cuya unidad de medida es A/m<sup>2</sup>.<sup>16</sup>

### **Efectos atérmicos**

Se produce cuando hay energía suficiente para causar un aumento de temperatura corporal, sin que se observen cambios en la temperatura debido al enfriamiento ambiental.

En el cuadro 3 se resumen los efectos biológicos generados por radiación electromagnética, en base a los niveles de frecuencias (Hertz) y las unidades de medidas para indicar la intensidad.

A pesar que existe controversia acerca de si las radiofrecuencias y las microondas afectan a la salud, estudios científicos realizados en humanos y en animales demuestran que este tipo de radiación afecta el estado de salud de las personas expuestas. A partir de 1996 con el inicio de los trabajos realizados principalmente en Europa, se describe la existencia de síntomas específicos entre trabajadores y personal militar expuestos crónicamente a las radiaciones electromagnéticas de hiperfrecuencias y se describe por primera vez el denominado "enfermedad de las radiofrecuencias",<sup>12,17</sup> como una realidad médica asociada a la exposición. Esta se caracteriza por:

- *Síndrome asténico*: caracterizado por fatiga, irritabilidad, cefalea, náuseas y anorexia.
- *Síndrome distónico cardiovascular*: modificaciones de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial.
- *Síndrome diencefálico*: somnolencia, insomnio, alteraciones sensoriales.

Además se describieron otras anomalías derivadas de la exposición, como es el riesgo de contraer cataratas, modificaciones del electroencefalograma, aumento en la aparición de algunos tipos de cáncer como los linfomas, asociados a la exposición crónica con un aumento de hasta 2,4 veces del riesgo de tumores cerebrales. En

1996 un estudio del Gobierno Australiano indicó que a 200 m de una estación de telefonía móvil, las personas expuestas presentaban fatiga crónica, alergias, alteraciones del sueño, etcétera.<sup>18</sup>

## CÁNCER Y RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

Son numerosas las investigaciones que hacen referencia al posible efecto cancerígeno de las radiaciones electromagnéticas, fundamentalmente se establece una relación muy fuerte entre exposición y diferentes tipos de leucemias. Hace pocos años se publicó un informe elaborado por la Junta Nacional Británica de Protección Contra las Radiaciones, donde se reconoce oficialmente la relación entre exposición a baja y alta frecuencia y aparición de leucemia infantil.<sup>6,19</sup> Los estudios pioneros sobre este aspecto destacan incremento en función de la exposición de cánceres de cerebro, leucemias y otros tumores. El Schwarzenburg Study puso de manifiesto alteraciones del sueño y disminución de melatonina en función de las dosis de radiación, lo que demuestra la exquisita sensibilidad del cerebro a las radiaciones de radiofrecuencias, reduciendo la neurohormona melatonina, involucrada en la regulación del sueño y el cáncer.<sup>20</sup>

Estudios como Hawaii, North Sydney Leukaemia Study, United Kingdom Regional TV Tower Study y el Supra Tower Study, demostraron una elevada tasa de incidencia de leucemias en niños y adultos que vivían en las proximidades de torres de emisión de radio.<sup>21-24</sup> Sobre exposición crónica al radar se destacan los estudios de *Rabinette* y otros (1980)<sup>25</sup> en el Korean War Study, que tras analizar 40 000 marinos, puso de manifiesto una relación directa entre tasa de mortalidad y cáncer respiratorio en función del nivel de exposición. También *Goldsmith*,<sup>26</sup> evidenció una elevada mutagénesis y carcinogénesis entre los empleados de la Embajada Americana en Moscú que fueron expuestos crónicamente a una señal de radar en el rango de 2-8  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  desde 1950 a 1970.<sup>27</sup>

Entre los posibles mecanismos involucrados en estos procesos se menciona la función que desempeña la melatonina y su glándula secretora "La Pineal", con evidencias de que las radiaciones electromagnéticas disminuyen la secreción nocturna de melatonina, lo que favorece la acción nefasta de los radicales libres y la aparición de tumores. Se plantea además que la disminución de melatonina incrementa los niveles de estrógenos circulantes en sangre, lo cual favorece la aparición de tumores estrógenos dependientes como el cáncer de mama<sup>6</sup>. Otro de los mecanismos planteados es el incremento de la enzima ornitina descarboxilasa (ODC), utilizada muy frecuentemente como marcador tumoral, por lo cual hace pensar que un incremento de esta enzima, aumenta notablemente el crecimiento de células tumorales y por consiguiente los tumores.<sup>28-31</sup>

Como todavía hay cierta incertidumbre científica en torno a esta temática y muchos países no tienen una legislación jurídica que regule la exposición, varios organismos internacionales como la OMS recomiendan lo que se conoce como "evitación prudente" en espera de conclusiones más evidentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Frish S, Timoneva A. Oscilaciones y ondas electromagnéticas. En: Frish S, Timoneva A. Curso de Física general. 4ta. ed. Moscú: Editorial Mir; 1981, p. 510-56.
2. Sanitas, Pulsomed. Radiaciones no ionizantes (RNI). Medio ambiente y cáncer, 2000. [Citado 24 de Oct de 2000]: (4 de 4). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos40/antenas-telefonía-movil/antenas-telefonía-movil2.shtml>
3. Facuasalud. Móviles y salud. ¿Qué tipo de radiaciones emiten los móviles y sus antenas repetidoras? 2003. [Citado 17 de Abr de 2003]: (3 de 3). Disponible en: <http://www.terra.es/personal/kirke1/noti20/mvsd2.html>
4. José L. Pérez Alejo. Campo electromagnético. Melatonina y cáncer. Rev Cubana Med Milit. 2006;35(1). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0138-65572006000100001&lng=es>
5. Pérez Alejo JL, Piñón Montano AG, García Sánchez M. Falcón ME. El balance redox en personas expuestas a las radiaciones electromagnéticas (radiaciones no ionizantes). Rev Cubana Med Milit. 2006;35(1). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0138-65572006000100002&lng=es>
6. Portales M. Contaminación electromagnética y salud. 2002. [Citado 25 de Feb 2002]: (3 de 5). Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35\\_4\\_06/mil01406.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35_4_06/mil01406.htm)
7. Baris D, Armstrong BG. A case cohort study of suicide in relation to exposure to electric and magnetic fields among electrical utility workers. Occup Environ Med. 1996;53:17-24.
8. Baris D, Armstrong BG. A mortality study of electrical utility workers in Quebec. Occup Environ Med. 1996;53(Suppl 1):25-31.
9. Sastre A, Graham C, Cook MR. Brain frequency magnetic fields alter cardiac autonomic control mechanisms. Neurophysiol Clin. 2000;111:1942-8.
10. Ahlbon A. Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. Environ Health Perspect. 2004;112(17):1741-54.
11. Informática y Telecomunicaciones. Radiofrecuencias y microondas, 2003; [Citado 16 de Abril 2003]: (3 de 3). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielophp?script=sci-arttext&pid=so138-65572006000300008&lng=en&nm=i&tng=es>
12. Burch JB. Radiofrequency non ionizing radiation in a community exposure to radio and television broadcasting. Environ Health Perspect. 2006;114(2):248-51.
13. Castellanos JP. Peligros de las ondas electromagnéticas sobre la salud. 2002. [Citado 20 de Nov de 2002]: (4 de 4). Disponible en: <http://www.robotier.com/castellano/index.jsp>
14. D-003 Los niños no deben usar teléfonos móviles. Archive-Name: d-010803. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas INFOMED. Red telemática de Salud Pública. Al Día: Noticias de Salud. [Citado 3 de Ago de 2002]: Año 8 N° 163.

---

Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572005000400002&lng=en&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572005000400002&lng=en&nrm=iso)

15. Informática y Telecomunicaciones. Aplicaciones médico terapéuticas de las ondas de radio. 2003. [Citado Feb de 2003]: (3 de 3). Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35\\_3\\_06/mil08306.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/mil/vol35_3_06/mil08306.htm)
16. Informática y Telecomunicaciones. Efectos no térmicos de los campos de RF. 2003; [Citado 28 de Feb de 2006]: (6 de 6). Disponible en: <http://www.asenmac/radiación/radio4.htm>
17. Eltiti S. Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? Double-blind randomized provocation study. *Environ Health Perspect.* 2007;115(11):1603-8.
18. Wagrawska Koshie. Health protection of workers occupationally exposure to effects of electromagnetic fields in Poland and in the European Union Member States. *Medycyna Pracy.* 2003;54(3):299-305.
19. Informática y Telecomunicaciones. Cáncer y exposición a campos de RF, 2006. [Citado 28 de Feb de 2006]: (5 de 5). Disponible en: <http://www.asenmac.com/radiación/radio5htm>
20. Alpeter ES, Krebs TH. Study of health effects of shortwave transmitter station of Schwarzenburg, Berne Switzerland. University of Berne, Institute for Social and Preventive Medicine. 1995.
21. Maskarinec G, Cooper J, Swygert L. Investigation of increased incidence in childhood leukaemia near radio towers in Hawaii preliminary observation. *J Environ Pathol Toxicol Oncol.* 1994;13:33-7.
22. Hocking B, Gordon IR, Grain HL. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med J Australia.* 1996;165(2):601-5.
23. Dolk H, Shaddick G, Walls P. Cancer incidence near radio on television transmitter in Great Britain. *Am J Epidemiol.* 1977;145(1):1-19.
24. Selvin S, Schulman J, Merrill DW. Distance and risk measure for the analysis of spatial data: A study of childhood cancer. *Soc Sci Med.* 1992;34:769-77.
25. Robinette CD, Silverman C, Jablon S. Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar). *Am J Epidemiol.* 1980;112:39-53.
26. Goldsmith JR. Epidemiology evidence relevant to radar (microwave) effects. *Environ Health Perspect.* 1997;105 (6):1579-87.
27. Lilienfeld AM, Tonascia J, Tonascia S. Foreign service health status study evaluation of health status of foreign service and other employees from selected eastern. *European Post.* Final report. 1978:38-9.
28. Sarkar S, Ali S, Behari J. Effect of low power microwave on the mouse genome: a direct DNA analysis. *Muta Res.* 1994;320;141:10-7.

29. Lai H, Singh NP. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics*. 1995;16:206.

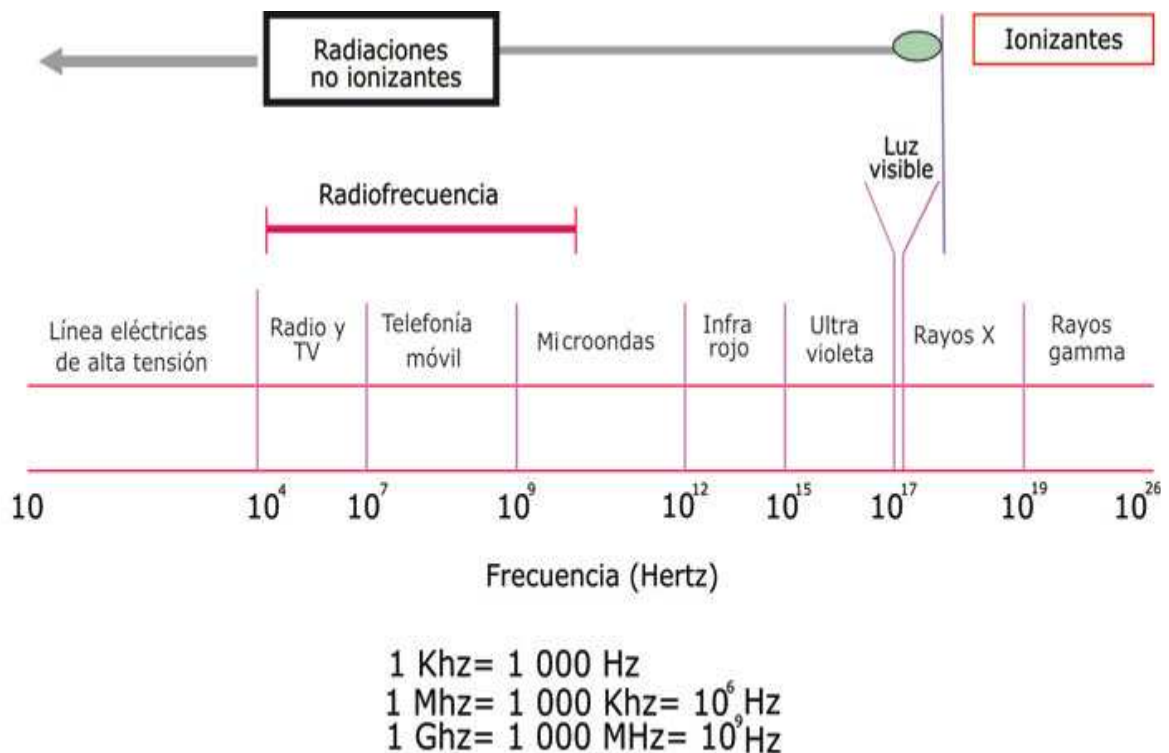
30. Lai H, Singh NP. Single and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Radiat Biol*. 1996;69:513-7.

31. Lai H, Singh NP. Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics*. 1997;18:446-8.

Recibido: 22 de octubre de 2009.

Aprobado: 26 de noviembre de 2009.

Tte. Cor. *José Luis Pérez Alejo*. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". Ave Monumental y Carretera de Asilo. Habana del Este. La Habana, Cuba.



**Fig.** El espectro electromagnético.



**Cuadro 1.** Espectro de radiofrecuencias 30 kHz a 300 MHz

Tipo	Designación	Equipos
Baja frecuencia	30-300 kHz (0,03-0,3 MHz)	Radionavegación, radiodifusión, radiofaro
Media frecuencia	300 kHz (0,3 MHz)-3 MHz	Calentadores industriales por inducción, radioteléfono, radiodifusión, radios con AM
Alta frecuencia	3-30 MHz	Radiocomunicación de aficionados, aparatos para diatermia, termo selladores, soldadores, calentadores
Muy alta frecuencia	30-300 MHz	Radiodifusión de frecuencias moduladas, radios de FM, televisión, centrales de tránsito aéreo, radionavegación

**Cuadro 2.** Espectro de Radiofrecuencias 300 MHz a 300 GHz

Tipo	Designación	Equipos
Ultra alta frecuencia	0,3-3 GHz	Diatermia con microondas, televisión y receptores de Televisión, teléfonos móviles, enlace por microondas, hornos de microondas, calentadores por microondas, medidores de difusión tropoférica, radares metereológicos

**Cuadro 3.** Potencia de las radiaciones y efectos sobre la salud

Campos electromagnéticos	Efecto	Se mide en término de
< 1 MHz	No calentamiento significativo. Inducen cargas eléctricas y corrientes que pueden estimular células nerviosas y musculares	Densidad de corriente (DC) ( $A/m^2$ )
1 MHz a 10 GHz	Calentamiento mediante el movimiento de iones y moléculas de agua por el medio donde se encuentran	Tasa de absorción específica (TAE) ( $V/kg$ )
> 10 GHz	Absorción de las radiaciones por la superficie de la piel y muy poca la energía que llega a los tejidos internos	Densidad de potencia (DP) ( $V/m^2$ , $mV/m^2$ , $\mu W/m^2$ )