

## Trabajos de revisión

Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto"

### Las radiaciones no ionizantes y su efecto sobre la salud humana

Lic. Jacqueline Guerrero Abreu<sup>1</sup> y My. José Luis Pérez Alejo<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Los bombardeos por radiaciones electromagnéticas son continuos, incesantes e imperceptibles; unos de forma natural y otros producidos por el hombre. La afectación que estos tienen sobre la salud humana constituye un aspecto controvertido en el campo de la ciencia debido a que las radiaciones electromagnéticas en función de su frecuencia se clasifican en las que pueden tener o no efectos biológicos, efectos o no sobre el hombre. Algunos efectos biológicos pueden ser inocuos, como la radiación solar; otros, por el contrario, pueden desencadenar enfermedades como el cáncer, la esterilidad y otras menos conocidas. En el presente trabajo se hace un examen de la bibliografía publicada con el objetivo de situarlo en cierta perspectiva en relación con la salud.

**Palabras clave:** Bioelectromagnetismo, radiaciones no ionizantes, equipo de de radiolocalización.

La especie humana vive en un manantial electromagnético natural, el campo geomagnético y los fenómenos ondulatorios electromagnéticos atmosféricos. Ahora se deben añadir los producidos por la actividad humana.<sup>1</sup> En un principio estos estaban referidos a las torres eléctricas, algunos aparatos electrodomésticos, usos industriales específicos y los radares. En los últimos años se ha apreciado un incremento sin precedentes de fuentes de campos electromagnéticos (CEM) utilizados con fines diferentes. Se han empleados en la industria, la medicina, el comercio y prácticamente han invadido la vida diaria. El grado de producción ha alcanzado niveles tales que los expertos alertan de una contaminación electromagnética ambiental (electrosmog).<sup>2</sup> Si esto es así es obvio que incidan de algún modo sobre la salud humana.

Los CEM sobre la base de la longitud y frecuencia de sus ondas se subdividen en varios tipos, por lo que se puede hablar de un espectro electromagnético.<sup>3</sup> Ellos se clasifican según su frecuencia en los de frecuencia de menos de 3 kHz. Como son, la resonancia magnética nuclear para diagnóstico médico, neveras, secadores de pelo, líneas de alta tensión y los que su frecuencia varía de 3 kHz a 30 MHz entre ellos, los monitores de computadoras personales, las antenas de radionavegación, radiodifusión modulada, antenas de radioaficionados y otras. Además están las que comprenden de 30 MHz a 300 GHz y en este grupo se incluyen los teléfonos celulares, hornos de microonda, antenas de estaciones de televisión, los radares en general y los radiolocalizadores en particular.<sup>4</sup> Según esta clasificación los CEM son de los tipos de baja frecuencia (0,03-0,3 MHz), Media frecuencia (0,3-3MHz), alta frecuencia (3-30 MHz), muy alta frecuencia (30-300MHz), ultra alta frecuencia (0,3-3 GHz), supra alta frecuencia (3-30 GHz) y muy alta frecuencia (30-300GHz).<sup>5</sup>

En relación con la salud humana, las radiaciones emitidas por los CEM se dividen, en función de su frecuencia (número de ondas electromagnéticas que pasan por un determinado punto en 1 s), en radiaciones ionizantes y no ionizantes. Las primeras son ondas electromagnéticas de frecuencia muy alta que contienen una energía fotónica suficiente para romper enlaces químicos a nivel molecular en las células. En las segundas, aunque la energía fotónica es débil para romper enlaces químicos, tienen efectos biológicos como son el calentamiento y la inducción de corrientes eléctricas en los tejidos y células.<sup>6</sup> Por tanto, las ondas electromagnéticas conllevan el peligro de efectos biológicos que pueden desembocar en efectos adversos para la salud.

Lo anterior plantea la necesidad de comprender la diferencia entre estos dos tipos de efectos a la exposición al estresor electromagnético.

Un efecto biológico ocurre cuando la exposición produce un cambio fisiológico detectable en un sistema biológico, pero un efecto adverso para la salud ocurre cuando el efecto biológico sobrepasa el límite normal de variabilidad fisiológica del organismo y presenta dificultad de adaptación con detrimento del estado de salud.

Algunos efectos biológicos pueden ser inocuos, por ejemplo, la radiación solar, principalmente los rayos ultravioletas, producen el incremento del flujo sanguíneo de la piel como respuesta a un ligero calentamiento del cuerpo; pueden ser ventajosos porque ayudan en la producción de vitamina D o adversos porque pueden producir cáncer de piel.<sup>7</sup>

Las oscilaciones electromagnéticas se propagan en el espacio en línea recta y al incidir sobre los cuerpos pueden o bien penetrar, reflejarse o absorberse. En dependencia de estos 3 factores se produce su efecto sobre los organismos vivos, a mayor penetración y absorción de energía mayor será su acción biológica.

Se plantea que los efectos de las radiaciones no ionizantes son de 3 tipos: térmico, no térmicos y atérmicos.

**Efectos térmicos.** Cuando la energía electromagnética causa un aumento medible en la temperatura del objeto o persona (más de 1 °C.<sup>7,8</sup> La absorción de radiofrecuencias en un medio ambiental tiene aparejado calentamiento.<sup>9</sup> La intensidad de la radiación al actuar particularmente en el organismo humano, provoca un incremento de temperatura y produce un cambio en la orientación espacial (oscilación) de las moléculas bipolares, principalmente del agua y los iones en los tejidos; los órganos más afectados son el cristalino, humor vítreo del ojo, los órganos parenquimatosos y glándulas como el hígado, páncreas, ganglios linfáticos, las gónadas, órganos huecos como el estómago, vejiga y vesícula biliar.<sup>10-12</sup>

También provocan dilatación de los poros de la barrera hematoencefálica, la que a su vez hace permeable a determinadas sustancias que no deberían entrar en las neuronas, es por ello que las radiaciones se relacionan con tumores cerebrales, enfermedad de Alzheimer y pérdida de la memoria, así como las alteraciones de los procesos de sueño y vigilia que pueden llevar a la depresión, cansancio e incluso propensión al suicidio.

El calentamiento inducido por radiaciones provoca varias respuestas tanto fisiológicas como termorreguladores, incluyendo la capacidad para realizar tareas físicas y mentales debido al aumento de la temperatura corporal.<sup>8</sup>

Niveles muy bajos de radiaciones producen pequeños aumentos de la temperatura local de la parte sometida a dicha radiación; pero este calentamiento es compensado por los centros termorreguladores normales del cuerpo humano (mecanismos homeostáticos), sin que el individuo note dicho aumento de temperatura. El verdadero problema está cuando el tiempo de exposición y la cantidad de radiación rompen este equilibrio.

El tipo de radiaciones que producen esas afectaciones en el hombre están reguladas tanto nacional como internacionalmente ya que se conoce su acción drástica sobre la salud humana y se han tomado medidas para proteger al hombre.<sup>4</sup>

**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. Hay evidencias de que exposiciones prolongadas a radiaciones de baja intensidad sean potencialmente nocivas, por el efecto no térmico de la exposición a radiaciones.<sup>6,11,13</sup>

En los CEM con frecuencias por debajo de 1MHz no se produce calentamiento significativo, sino que inducen corrientes y campos eléctricos en los tejidos, se observan en alteraciones del electroencefalograma, cambios en la actividad colinérgica de animales que pudieran influir en la salud, sin embargo, las investigaciones en este campo están limitadas, de hecho la Organización Mundial de la Salud no presta mucha atención a los efectos no térmicos. Un numeroso grupo de investigadores norteamericanos y de países miembros del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), niegan la posibilidad de que los campos de radiofrecuencias provoquen algún tipo de respuesta biológica que no sea de origen térmico. Su argumento fundamental es que este tipo de ondas no generan respuestas mutagénicas y no influyen en la iniciación de cánceres.<sup>14-16</sup>

Los científicos rusos y de otros países reconocen la acción acumulativa de este tipo de radiaciones, principalmente en personas que han trabajado por 5 años o más con equipos de radiolocalización.<sup>17-19</sup>

En un estudio en gatos y conejos, las ondas electromagnéticas de baja intensidad (insuficientes para producir efecto térmico) alteraron la actividad cerebral, atribuida a la movilidad del ion calcio.<sup>20</sup>

**Efectos atérmico.** Se producen cuando hay energía suficiente para causar un aumento de la temperatura corporal sin que se observen cambios en la temperatura debido al enfriamiento ambiental.<sup>1</sup>

Los efectos biológicos observados por este tipo de radiación son principalmente inducir corrientes eléctricas que pueden estimular las células nerviosas y musculares.

## **INFLUENCIA DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES SOBRE LA SALUD HUMANA**

### **Aparato reproductor**

Existe consenso del efecto nocivo que ejercen las ondas electromagnéticas sobre el sistema reproductor, en especial la función testicular.<sup>21,22</sup> También están los trabajos de *Prasad*<sup>23</sup> quien estudió 100 trabajadores (59 soldados y 41 sastres) sin encontrar alteraciones significativas sobre la fertilidad.

Se ha reportado que en mujeres expuestas a CEM aumenta casi el doble la probabilidad de sufrir un aborto espontáneo.<sup>24,25</sup> Sin embargo, otros autores no coinciden con estos resultados.<sup>26</sup>

### **Cáncer**

Son numerosos los trabajos que hacen referencia al posible efecto cancerígeno de las radiaciones no ionizantes.<sup>27-29</sup> Los resultados obtenidos por estos y otros autores son inconsistentes, resultan ser estudios muy diferentes en cuanto al diseño, ejecución e interpretación de los experimentos realizados. Ni los efectos encontrados ni sus implicaciones sobre la salud humana están suficientemente dilucidados científicamente.

### **Esfera neuropsíquica**

Es en esta esfera donde mayor número de alteraciones para la salud se han reportado. La literatura consultada, las fundamentales, así lo manifiestan:

- Alteraciones de la termorregulación.<sup>30</sup>
- Alteraciones de la actividad colinérgica.<sup>13</sup>
- Alteraciones electroencefalográficas.<sup>13</sup>
- Propensión al suicidio.<sup>6,31,32</sup>

Hay autores que han reportado síntomas neuropsíquicos independientes como son la confusión, pereza, pérdida de la memoria, ansiedad, depresión y otros autores lo agrupan como síndrome de las microondas.<sup>5,9</sup>

### **Sistema inmunológico**

Se han reportado también procesos alérgicos, depresión del sistema inmunológico,<sup>5,33</sup> modificaciones linfocitarias, macrófágicas y hematológica, sin conocerse hasta qué punto o de qué manera estas alteraciones influyen sobre la salud humana.

### **Genéticas**

Actualmente se plantea que por debajo de los niveles a que se dan los efectos térmicos, las ondas electromagnéticas no generan respuestas mutagénicas y no influyen en la iniciación de cánceres.

En las investigaciones revisadas<sup>20,34</sup> solo se encontraron estudios en las bandas de frecuencias pertenecientes a las radiofrecuencia (menor de 300 MHz) o en las microondas, no de las bandas de las ultra altas frecuencias (entre 0,3-3 Ghz).

### **Aparato cardiovascular**

Las principales alteraciones están relacionadas con la conducción del estímulo eléctrico por las fibras miocárdicas, siendo una de estas el efecto bradicardizante de las ondas electromagnéticas.<sup>5,35</sup>

Otros trastornos son alteraciones de la repolarización, infartos cardíacos algunos años después de la exposición laboral a los CEM y otros. Los efectos adversos sobre este sistema son controversiales.<sup>14</sup>

### **Sistema hematopoyético**

Se han encontrado aumentos en las cifras de hemoglobina,<sup>36,37</sup> así como modificaciones leucocitarias que dependen de la potencia de energía de las microondas, por estrés térmico que son reversibles.<sup>5</sup>

Las investigaciones sobre radiofrecuencias no han despejado las dudas sobre la influencia de los CEM sobre el hombre.

Muchos son los intereses de tipo económico que se mueven alrededor del tema, de ahí la falta de estudios y de consenso en las investigaciones.

La Organización Mundial de la Salud reconoce que los estudios epidemiológicos realizados hasta el momento son insuficientes para evaluar los riesgos en la salud que causa la exposición a las radiofrecuencias.

## **SUMMARY**

### **Non-ionizing radiations and their effect on human health**

Electromagnetic radiation bombings are continuous and imperceptible, some are natural and others caused by men. Their effect on human health is one of the controversial aspects in the field of science due to the fact that electromagnetic radiations depending on their frequency may be classified as the ones having biological effects or not and the ones having an impact on man. Some biological effects may be harmless such as sun radiation, but others can unleash diseases like cancer, sterility and other less known illnesses. The present paper made a literature review about this topic to perspective place it in relation to health care.

**Key words:** Bioelectromagnetism, non-ionizing radiations, radiolocation equipment.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Sanitas, Pulsomed. Radiaciones no ionizantes(RNI). Medio ambiente y cáncer. Acceso 24 de octubre de 2000. Disponible en: [cardasian@yahoo.fr](mailto:cardasian@yahoo.fr)
2. Coperías, EM. Ondas electromagnéticas. MUY. 2001; 246:52-60.
3. Frish S, Timoneva A. Oscilaciones y ondas electromagnéticas. En: Frish S, Timoneva. Curso de Física general. 4ta ed. Moscú: Editorial MIR; 1981. p. 510-56.
4. Informática y Comunicaciones. Valores a los que estamos sometidos. Acceso julio de 2001. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>

5. Informática y Comunicaciones. Radiofrecuencias y microrondas. Acceso abril de 2003. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>
6. Alvarez L. ¿Qué es y cómo nos afecta? La contaminación electromagnética y sus efectos sobre la salud. Acceso noviembre de 2000. Disponible en: <http://www.ambienteecologico.com>
7. Castellanos JP. Peligros de las ondas electromagnéticas sobre la salud. Acceso noviembre de 2002. Disponible en: <http://www.robotier.com/castellano/index.jsp>
8. Informática y Comunicaciones. Efectos de los campos RF sobre la salud. Acceso marzo de 2001. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>
9. Portales M. Contaminación electromagnética y salud. Acceso febrero de 2002. Disponible en: <http://www.mediterraneo.org/cae>.
10. Informática y Comunicaciones. Aplicaciones médico-terapéuticas de las ondas de radio. Acceso febrero de 2003. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>
11. González Rodríguez JF. Higiene del trabajo militar en estaciones de radiolocalización. Conferencia. 1978. La Habana: Editor CNIMM-ISMM; 1978.
12. Del Busto Hernández C, Díaz Brito A. Estudio comparativo de características del semen en militares que trabajan con supra alta frecuencia. *Med Milit.* 1987;1(31):59-62.
13. Informática y Comunicaciones. Efectos no térmicos de los campos RF sobre la salud. 2003. Acceso marzo de 2003. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>
14. Graham C, Sastre A, Cook MR, Kavet R. Exposure to strong ELF fields does not alter cardiac autonomic control mechanism. *Bioelectromagnetics.* 2000;21(suppl 6):412-3
15. Environmental health criterium No. 16 radiofrecuency and microwave. OMS/OPS; 1984.
16. Hansson MK. International consensus on low-frequency electromagnetic fields: "possibly carcinogenic". *Lakartidningen.* 2001 Nov 14;98(46):5188-91.
17. Cheng KK, Day N, Cartwright R, Craft A, Birch JM, Eden OB, et al. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *Lancet.* 1999;354:1925-31.
18. Roosli M, Moser M, Baldini Y, Meir M, Braun-Fehrlande C. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure. A questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health.* 2004;207(2):141-50.
19. Hossman KA, Herman DM. Effect of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics.* 2003;24(1):49-62.
20. Informática y Comunicaciones. Cáncer y exposición a campos de RF. Acceso julio de 2003. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>
21. Ivanova LA, Kartashew AG. The effects of alternating electric field on industrial frequency on testicles of white mice. *Fiziolzh.* 1995 Dec;36(6):71-8
22. Makler A, Thatcher M, Villensky A, Brandes JM. Factors affecting sperm motility III. Influence of visible light and other electromagnetic radiations on human sperm velocity and survival. *Fertil Steril.* 1980 Apr;33(4):439-44.
23. Prasad SK, Vyas S. Health problems among workers of iron welding machines: effects of electromagnetic fields. *J Environ Biol.* 2001;22(2):129-32.
24. D002. Aparatos domésticos eléctricos pueden aumentar el riesgo de aborto. De: *Diaria*, 11 de enero del 2002. Disponible en: [diaria@infomed.sld.cu](mailto:diaria@infomed.sld.cu)
25. Jutilainen J, Matilainen P, Saarikoski S, laara E, Suonio S. Early pregnancy loss and exposure to 50 Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics.* 1993;14:229-36.

26. Belanguer K. Spontaneous abortion and exposure to electric blankets and heated water beds. *Epidemiology*. 1998;9:36-42.
27. National Radiation Protection Board. ELF electromagnetic fields and risk of cancer report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation. NRPB. 2001;12(1):1.
28. Falcon Aguilar ME, Buceli Pérez C. Asociación del cáncer con los campos electromagnéticos en Ciudad de La Habana durante 1992-1996. *Rev Cubana Med Milit*. 2000;29(1):20-5.
29. Ladrón de Guevara JLL, Macías Álvarez O. Efecto no térmico de los campos RF. Acceso marzo de 2000. Disponible en: <http://www.asenmac.com>
30. Gabiola F Efecto de los CEM (0Hz a 300GHz) sobre aparatos y salud human. Acceso abril de 2001. Disponible en: [cardasian7@yahoo.fr](mailto:cardasian7@yahoo.fr)
31. Johansen C, Olsen J, Mec TJ. Mortality from amyotrophic lateral sclerosis, other chronic disorders and electric shocks among utility workers. *Am J Epidemiol*. 1998;148:362-8.
32. Van Wijngaarden E, Savitz DA, Klecner RC, Cal J, Loomis D. Exposure electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case control study. *West J Med*. 1999(suppl 2):94-100.
33. Castillo Mendez A, Pérez Díaz D, Almeida Bosque E. Efecto de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes sobre la inmunidad humoral y celular en trabajadores expuestos. *Rev Cubana Med Milit*. 1992;21(2):85-92
34. Li L, Bisth KS, La Groye I, Zhang P, Strambe WL, Moros EG, et al. Measurement of DNA damage in mammalian cells exposed in vitro to radiofrequency fields at SARs of 3-5 w/kg. *Silverstain*. 2002;2:30-9.
35. Sastre A, Graham C, Cook MR. Brain frequency magnetic fields alter cardiac autonomic control mechanisms. *Neurophysiol Clin*. 2000;111:1942-8.
36. World Health Organization. Health effects of static and time and varying electric and magnetic fields. International Advisory Committee Minutes of Meeting International EMF. Project Geneva: World Health Organization; 1999.
37. Laurens A. Efectos hematológicos de las microondas. *Med Armees*. 1982;10(7):643-8.

Recibido: 12 de abril de 2006. Aprobado: 15 de mayo de 2006.

Lic. *Jacqueline Guerrero Abreu*. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto". Avenida Monumental, Habana del Este, CP 11 700, Ciudad de La Habana, Cuba.

<sup>1</sup>Licenciada en Ciencias Biológicas. Investigadora Auxiliar.

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias Médicas.