

¿Son dañinas o no las radiaciones electromagnéticas para la salud humana? Are electromagnetic radiation harmful or not?

Edgar Edurman García-Silvera¹.

¹ *PhD. en Ciencias Naturales. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México.*
<https://orcid.org/0000-0001-8116-8427> egarciasilvera@gmail.com

Resumen: La humanidad en la actualidad depende totalmente de la tecnología, equipos como celulares, hornos microondas, equipos eléctricos y otros equipos usados en los servicios médicos como ultrasonidos, resonancia magnética nuclear, láser óptico son un ejemplo de ello. Todos estos equipos emplean radiaciones electromagnéticas. Las implicaciones de estas radiaciones en la salud se analizaron en este trabajo. La incidencia de cada región del espectro las radiaciones, sus fuentes y uso en la medicina y su implicación en la salud. Por el análisis de la revisión se infiere que los campos electromagnéticos son peligrosos para la salud y depende de la intensidad, frecuencia de la exposición de estas radiaciones.

Palabras Claves: radiaciones electromagnéticas, salud, tecnologías, epidemiología.

Abstract:

Humanity currently depends entirely on technology, equipment such as cell phones, microwave ovens, electrical equipment and other equipment used in medical services such as ultrasound, nuclear magnetic resonance, optical laser are an example of this. All these equipments use electromagnetic radiation. The implications of these radiation on health were analyzed in this work. The incidence of each region of the spectrum is radiation, its sources and use in medicine and its implication in health. It is inferred from the review analysis that electromagnetic fields are dangerous to health and depend on the intensity, frequency of exposure of these radiations.

Keywords: electromagnetic radiation, health, technologies, epidemiology.

Introducción

La sociedad moderna vive en un mundo tecnológico, donde las ondas de radio, televisión, microondas, radares, wifi, celulares conviven con el hombre llegando a ser la tecnología como parte indisoluble de la vida del hombre. Por ejemplo, se estima que a finales de 2009 había en todo el mundo unos 6900 millones de contratos de telefonía celular (OMS, 2014).

Lo cierto es que, desde el auge de la tecnología informática, las personas se han expuesto a una creciente exposición de campos electromagnéticos. La preocupación en base a esto, es por pruebas experimentales in vitro y vivo que se han realizado en animales, las que han originado daños en el material genético (Philips et al., 1998; Zhang et al., 2002; Diem et al., 2005). Aún estos resultados no son completamente concluyentes, se desconoce muchos aspectos, como la sinergia de varias variables que inciden en el hombre y su efecto en el surgimiento de una enfermedad, por lo que es muy difícil extrapolar los resultados del laboratorio en los seres humanos (Cao et al., 2009).

Por otra parte, en otros trabajos se ha reportado que los campos electromagnéticos inciden en el sistema cardiovascular (Lahbib et al., 2014; Ghodbane et al., 2015), también en inducir estrés oxidativo (Salah et al., 2013) y hiperactividad simpática (Abdelmelek et al. 2006) y en la fertilidad del hombre (Bhat-Ahmed, 2013).

La radiación electromagnética se clasifica en radiación ionizante y no ionizante. La radiación no ionizante es de baja frecuencia y es una radiación que dispersa energía a través del calor y el aumento del movimiento molecular. La radiación ionizante incluye radiaciones alfa y beta y algo de radiación electromagnética como rayos gamma y rayos X, estos pueden alterar directa e indirectamente la estructura normal de una célula. La radiación ionizante se puede encontrar en los rayos gamma, los cuales están presentes en la medicina nuclear, tomografías, terapias por radiación, los rayos X es otra radiación ionizante, estos se encuentran en las radiografías, fluoroscopia, mamografía.

En cuanto a las radiaciones no ionizantes se encuentran las frecuencias de radio, se aplica en imagenología de resonancia magnética, las radiaciones por ultrasonidos se aplican en las ultrasonografía. Aquí se encuentran los teléfonos celulares y hornos microondas (Williams y Fletcher, 2010).

Esta revisión explorará si las ondas electromagnéticas son perjudiciales para la salud humana.

Metodología.

La metodología usada en esta revisión fue filtrar la información en un período desde 1999 hasta 2017. Palabras claves como electromagnetismo y su efecto en la salud fue el motor de búsqueda. Para ello se seleccionó bases de datos y revistas creíbles de los datos que exponen.

Resultados

1. Caracterización de las radiaciones electromagnéticas.

El espectro electromagnético es la distribución energética del conjunto de ondas electromagnéticas que lo integran. Estas presentan frecuencias las cuales se pueden agrupar en altas o bajas, relacionadas con la longitud de onda característica de cada espectro.

En la figura 1 se puede observar, que las de más bajas frecuencias son las que tienen mayor o más larga longitud de onda, en la figura 1 se puntualiza el espectro radioeléctrico, la cual se integra por ondas de radios largas cuya magnitud de frecuencia de estas ondas están en el orden de los kilohertzios, y las ondas de radio cortas e infrarrojos, donde se ubican distintos equipos que usamos en la vida diaria, como el televisor, radio, celular, microondas. Esta región del espectro se clasifica como no ionizante, lo que como definición indica que estas ondas de esta región del espectro no son capaces de ionizar átomos o romper enlaces covalentes.

Por su parte, la región de ondas de longitud de ondas cortas, presenta una alta frecuencia, es donde se encuentra las radiaciones ultravioletas, rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos. Y estas por su alto poder energético si pueden romper enlaces covalentes e ionizar átomos, por lo que se consideran como ionizantes.

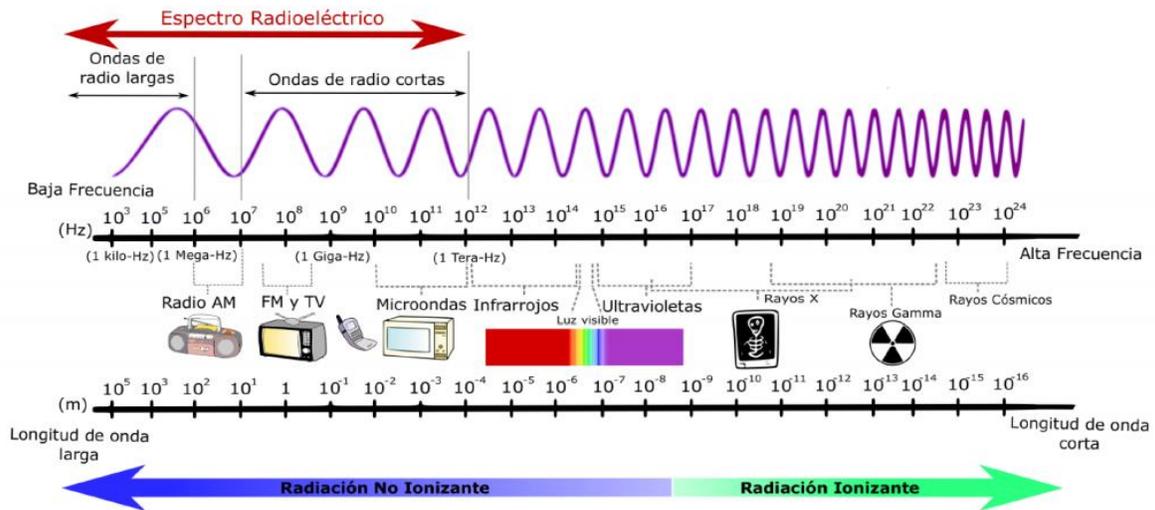


Figura 1. Espectro electromagnético.

Fuente tomada de: <https://ie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/eem/>

La onda electromagnética está compuesta por dos componentes, un campo eléctrico y un campo magnético que oscilan mientras se propaga, forman un ángulo recto entre sí y ambas cantidades en ángulo recto con respecto a la dirección de propagación (Fig. 2). La longitud de onda es la distancia física entre un pico y el siguiente tanto para el campo eléctrico y magnético. La velocidad de propagación en el vacío es la misma para todas las formas de radiación electromagnética, ya sea ionizante o no es de 300,000 km / segundo. Aunque en distintos medios la velocidad de propagación variará, esta no es la misma en tejidos, que en el vacío, aire o líquido.

ONDA ELECTROMAGNÉTICA

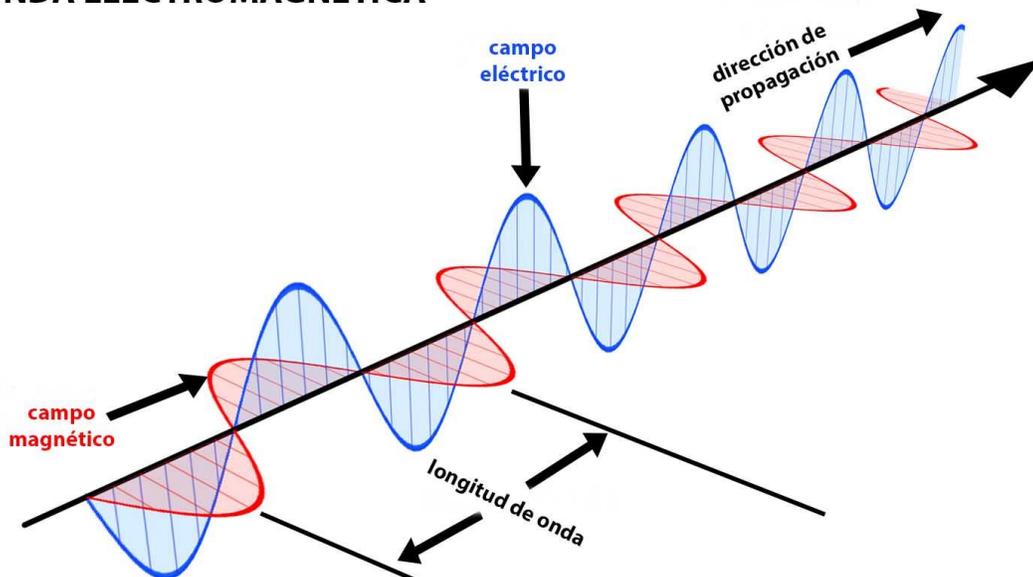


Figura 2. Representación de una onda electromagnética.

Fuente: <https://cienciasofa.com/2018/02/respuestas-lxxxix-por-que-la-velocidad-de-la-luz-es-la-que-es.html>

Las radiaciones electromagnéticas provienen de distintas fuentes (Figura 3).

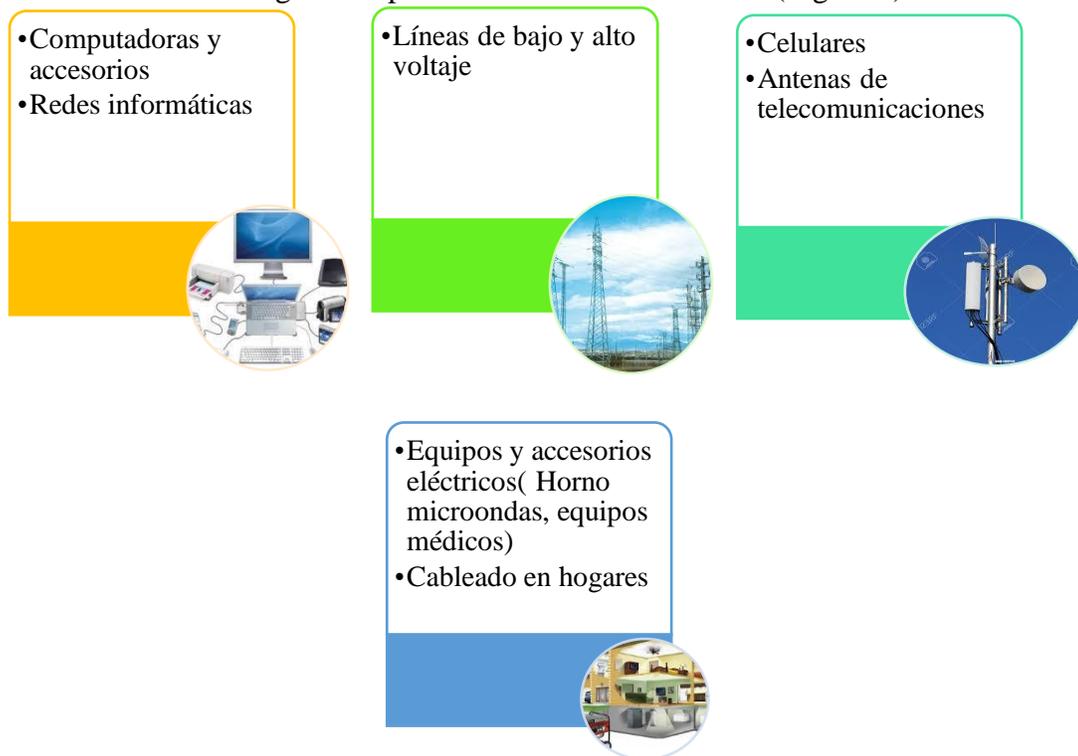


Figura 3. Diferentes fuentes de exposición de radiaciones electromagnéticas.

Estas fuentes mostradas en la figura 3, pueden ser mucho más en un futuro cercano, a medida que la tecnología avanza, más la humanidad estará ligada a equipos que usen radiaciones electromagnéticas, por lo que los riesgos en la salud deberán ser evaluados, en el siguiente apartado se discute este aspecto.

1.1 Efecto en la salud de las radiaciones electromagnéticas.

Para el análisis del efecto de las radiaciones electromagnéticas se clasificará de acuerdo a las radiaciones que son de baja frecuencia y altas frecuencias.

a) . Radiaciones electromagnéticas de baja frecuencia

Estas ondas en el espectro se encuentran aproximadamente entre 50 a 60 ciclos por segundo (hertz o Hz) y son muy dañinas para la salud. El ser humano está expuesto a estas radiaciones desde fuentes naturales como la luz solar, la cual presenta(radiaciones ultravioletas), materiales radioactivos en la superficie de la tierra contenidos en el carbón, granito y gases de la tierra como el radón, rayos cósmicos y radiaciones naturales del cuerpo humano. Una representación de las radiaciones ionizantes se muestra en la figura 4.

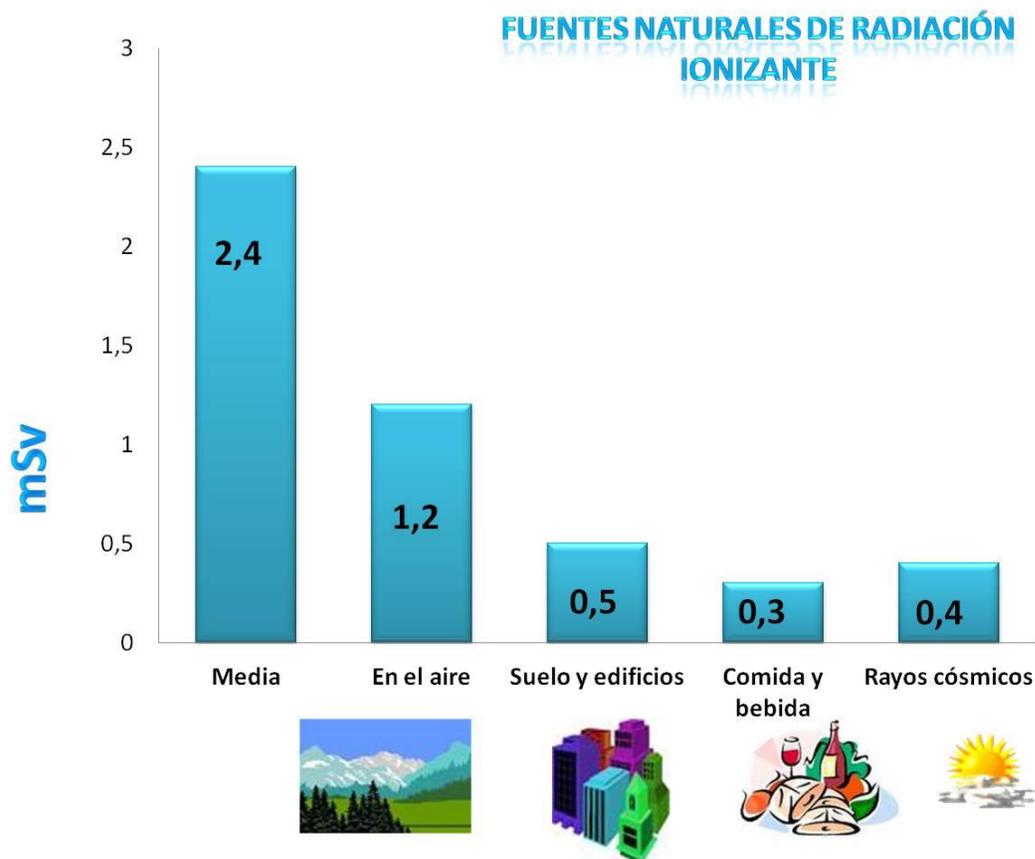


Figura 4. Nivel de exposición de radiación media al año y de distintos entornos.

Fuente: http://rinconeducativo.org/contenidoextra/radiacio/3_radiacin_ionizante_natural_y_artificial.html

Como se aprecia en la figura 4 el nivel medio de radiación ionizante a los que el ser humano se expone al año es de 2,4 mSv.

Una de las ondas electromagnética ionizante son los rayos ultravioletas (UVR) la cual se puede clasificar en tres regiones, UVA(315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm), en el rango de 200–400 nm puede tener una interacción directa con los organismos vivos, ya que a longitudes de onda más cortas que 200 nm, la UVR es fuertemente absorbida por el oxígeno en el aire.

Se estima que la profundidad de penetración de UVR en el tejido humano es de entre 0,1 y 1 mm, por lo que puede afectar la piel y los ojos. Existen variables que inciden sobre los rayos ultravioletas, la altitud, entre más alta la altura de una ciudad, mayor exposición a los rayos UVR, otro aspecto es el efecto debido a las nubes, entre nubes más densas, puede disminuir las radiaciones URV, el horario en que se expone, es mucho mayor en los mediodías que en las tardes y/o noche, la latitud de donde se encuentre la región y la capa de ozono (Blumthaler et al., 1994; Mims y Frederic, 1994). En la figura 5 se presenta el efecto que puede causar los rayos URV en la salud.

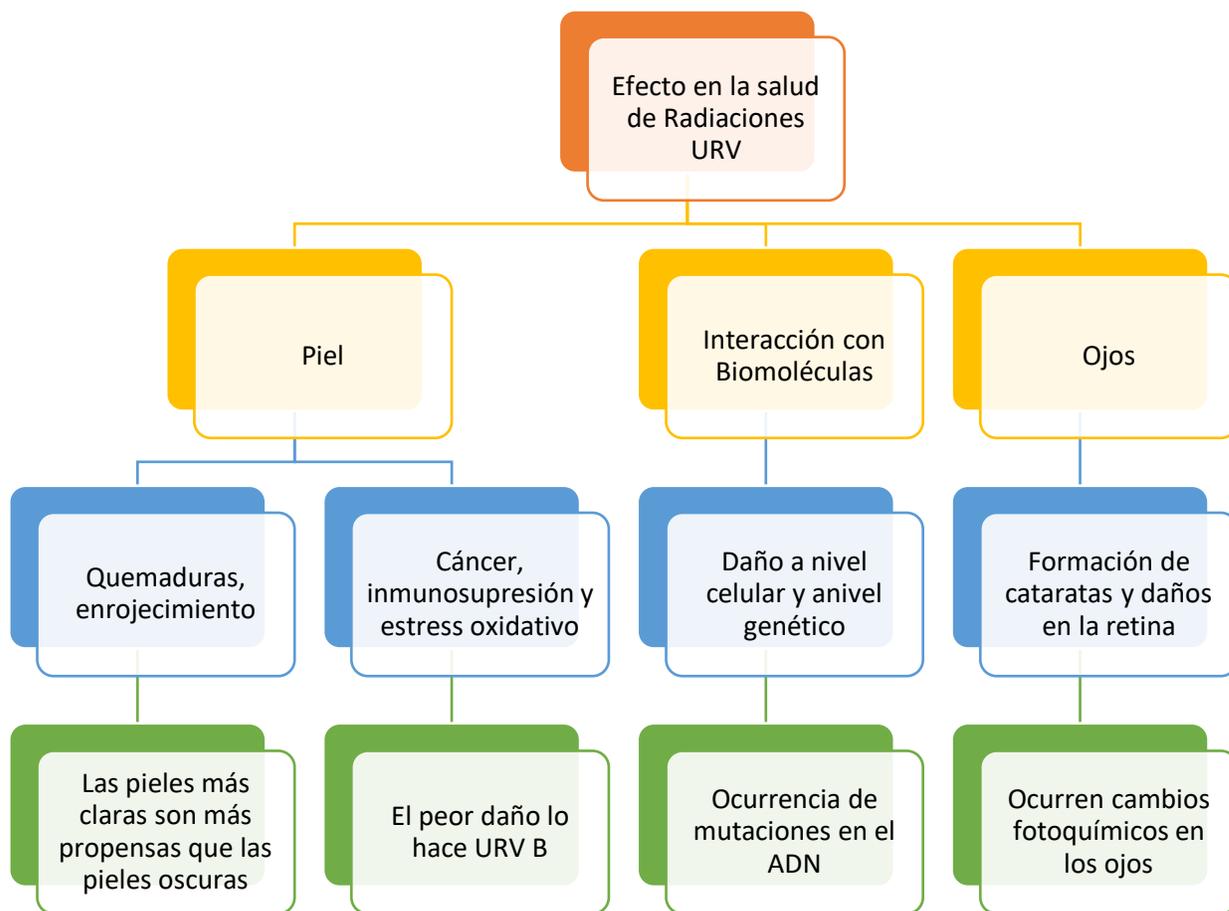


Figura 5. Efecto de la exposición de radiaciones ultravioletas en la salud humana.

Fuente: Balk and section in dermatology of american academy of pediatrics, 2011 y Nishiguri, 2015.

Otras causas de trastornos en la salud de las radiaciones de baja frecuencia, del efecto de radiaciones ionizantes en la salud humana, puede dar lugar a varios problemas de salud especialmente fatiga, irritabilidad, agresión, hiperactividad, trastornos del sueño e inestabilidad emocional (Mahajan y Singh, 2012).

En este espectro de alta energía, se encuentran los rayos gamma, emitidas por material radioactivo y en reacciones nucleares, estas radiaciones en las cuales se incluyen también partículas alfa y beta, pueden causar daños severos en el tejido vivo, pueden causar cáncer en los huesos, senos, leucemia, pulmón.

Estos problemas de salud se han observado con personas expuestas a altos niveles de radiación como en mineros que trabajan en la explotación de uranio, ejemplo clásico, fue las personas expuestas en el desastre de la planta de Chernobyl y en las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki.

b). Radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia.

Estas radiaciones la subdividiremos en dos clases, la infrarroja y las ondas de radio.

La región infrarroja se divide en IRA (780–1400 nm), IRB (1400–3000 nm) e IRC (3000 nm – 1 mm). El rango de la luz visible está entre 400-780 nm. Uno de los daños de las

radiaciones infrarroja es en la vista, los daños pueden ser térmicos y fotoquímico, se ha reportado que los rubios y personas con ojos azules son más susceptible (Urán y Cano, 2008).

El incremento de la temperatura más allá de lo normal conduce a daños en la retina, por otra parte, los cambios fotoquímicos se originan por las reacciones químicas que pueden ocurrir en el tejido ocular. La exposición a las longitudes de onda infrarrojas puede dañar la córnea y el cristalino, entre 1400 nm y 1 mm. También puede tener efectos nocivos sobre la piel, aunque la piel es menos sensible a los efectos de las radiaciones infrarrojas que los ojos. Para altas longitudes de onda habrá una mayor profundidad de penetración, un gran volumen del tejido se ve afectado y puede provocar necrosis debido al calor absorbido.

A pesar que las radiaciones infrarrojas no son capaces de ionizar átomos, por su baja energía, si inducen vibraciones en las moléculas, lo que guiará a un movimiento friccional entre las moléculas lo que inducirá a un incremento de la temperatura. Dentro de las fuentes de radiaciones infrarrojas están lámparas y láseres. Estos últimos se encuentran en los modernos sistemas de comunicación de fibra óptica, medicina, y en equipos de mediciones de distintos parámetros en laboratorios.

Respecto a los microondas y ondas de radio donde se encuentra los celulares muy en boga en la actualidad, las ondas de radio se encuentran en un rango desde los 30 KHz hasta los 300 GHz. Estas energías tan altas pueden causar daños en los tejidos de la piel, sea por quemaduras, influye mucho el tiempo de exposición y los niveles altos de energía, esto es debido a que el cuerpo humano no tiene la capacidad de disipar grandes cantidades de calor, generando así las quemaduras profundas o shock térmico al cuerpo, por otra parte, el calor generado por estas altas frecuencias, pueden generar efectos adversos en la reproducción.

Una de las preocupaciones es la resonancia magnética, la cual expone al cuerpo a una gran cantidad de energía en el cuerpo, la cual se reporta que genera un campo magnético 10000 veces mayor que el de la tierra.

En animales se han experimentado con la incidencia de grandes cantidades de energía (radiaciones de alta frecuencia), los resultados obtenidos han demostrado defectos congénitos y otros efectos reproductivos adversos en animales.

La temperatura umbral que ejerce estos efectos fue de 41, 3 °C (Heynick y Merritt, 2003). Estos niveles son cercanos a los que se usan en pruebas como en resonancia magnética. En cuanto a los microondas, un modelo de los posibles mecanismos implicados en la salud humana se representa en la figura 6.

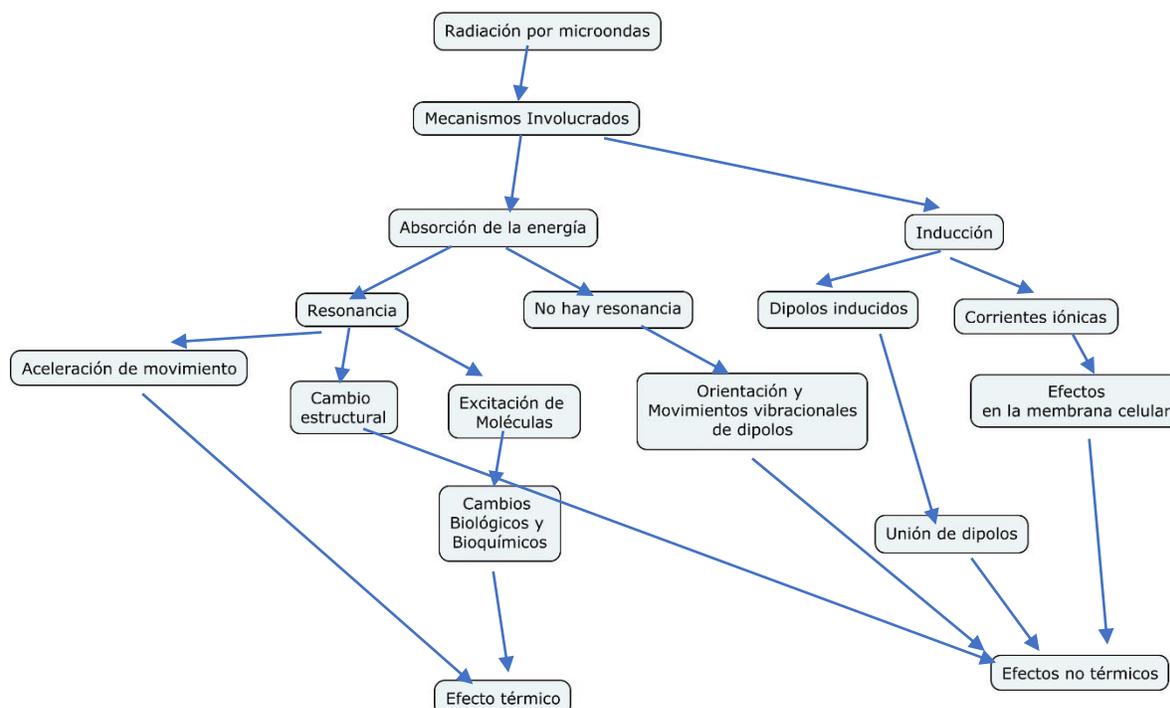


Figura 6. Posibles mecanismos que inciden en las radiaciones de microondas.

En la figura 6 se muestran los mecanismos probables de las radiaciones por microondas, se parte de si el cuerpo absorbe la energía o si es por inducción, a partir de estos niveles, prosiguen subniveles que interaccionan con el nivel molecular hasta llegar a si se produce un efecto térmico o no térmico. Los hornos microondas no trabajan bajo el mismo principio de radiaciones ionizantes como las radiografías, la cuales tienen suficiente energía para lograr cambios químicos. En el caso de los microondas generan energía térmica, creando calor

Uno de los dispositivos más usados en la actualidad son los celulares los cuales usan radio frecuencias de baja intensidad. Las investigaciones en esta área muestran resultados muy variados, por ejemplo, se han realizado estudios cuyos resultados demuestran una relación directa entre el uso del celular y la generación de tumor cerebral entre niños y adultos en los Estados Unidos, Reino Unido, Nueva Zelanda, Dinamarca, Suecia y Finlandia (Inskip et al., 2010; Muscat et al., 2006; de Vocht et al., 2011; Cook et al., 2003; Deltour et al., 2009; Schmidt et al., 2011).

A pesar de estos resultados no se conoce el mecanismo por el cual las ondas de radio no ionizante de baja energía podrían alterar el ADN y causar mutaciones en éste de forma que pueda generar cáncer, desde el punto de vista teórico es imposible que estas energías de radiofrecuencias puedan alterar la estructura del ADN (Moulder et al., 2005).

Conclusión

La tendencia a nivel mundial de usar equipos electrodomésticos y la tecnología ha elevado nuestro nivel de calidad de vida de tal forma que nuestros hogares, lugares de trabajo y espacios públicos, se han inundado de ellos, no obstante, los riesgos de emplear

excesivamente estos equipos y las consideraciones a tener en cuenta en servicios hospitalarios es de considerar por los efectos que pueden generar las radiaciones electromagnéticas en la salud humana.

Las radiaciones de alta energía como las radiaciones ultravioletas, rayos X y gamma son muy peligrosas para la salud y depende mucho también de la intensidad y tiempo de exposición de estas radiaciones, pudiendo causar daños permanentes en la salud y provocar enfermedades crónicas como cáncer.

Las radiaciones del espectro infrarrojo y de radio ondas puede causar en las células vivientes, es el calor que estas generan en el cuerpo, las radiaciones provenientes de microondas no hay un indicio que afecte la salud humana, en el caso de los celulares, se han reportado que puede generar daño a la salud, pero no existe una evidencia marcada que estos puedan hacer tal efecto en la salud, por lo que se debe seguir profundizando en esta área y realizar estudios epidemiológicos a gran escala de este aspecto.

Referencia

- Abdelmelek, H., Molnar, S., Servais, S., Cottet-Emard, J.M., Pequignot, J.M., Favier, R., Sakly, M., (2006). Skeletal muscle HSP72 and norepinephrine response to static magnetic field in rat. *J. Neural Transm.* 113, 821–827.
- Ahmed-Bhat M. (2013). Effects of Electromagnetic Waves Emitted by Mobile Phones on Male Fertility. *Computer Engineering and Intelligent systems.* 4:3. ISSN 2222-2863.
- Blumthaler M, Webb AR, Sekmeyer G, Bais AF, Huber M, Mayer B. (1994). Simultaneous spectroradiometry a study of solar UV irradiance at two altitudes. *Geophysical Research Letters* 21: 2805-2808.
- Cao Y., Zhang W., Lu M.X., Xu Q., Meng Q.Q., Nie J.H., Tong J. (2009). 900-MHz microwave radiation enhances -ray adverse effects on SHG44 cells, *J. Toxicol. Environ. Health Part A* 72 (11-12) 727–73.
- Cook A, Woodward A, Pearce N, Marshall C. (2003). Cellular telephone use and time trends for brain, head and neck tumours. *N Z Med J.*; 116(1175): 457.
- Deltour I, Johansen C, Auvinen A, Feychting M, Klaeboe L, Schüz J. (2009). Time trends in brain tumor incidence rates in Denmark, Finland, Norway, and Sweden, 1974-2003. *J Natl Cancer Inst.*;101(24): 1721–1724.
- de Vocht F, Burstyn I, Cherrie JW. Time trends (1998-2007) in brain cancer incidence rates in relation to mobile phone use in England. *Bioelectromagnetics.* 2011;32(5):334–339.
- Diem E., Schwarz C., Adlkofer F., Jahn O., and Rudiger H. (2005). "Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro," *Mutation Res.*, vol. 583, pp. 178–183.
- Ghodbane, S., Lahbib, A., Ammari, M., Sakly, M., Abdelmelek, H., (2015). Static magnetic field-exposure induced oxidative stress and apoptosis in rat kidney and muscle? Effect of vitamin E and selenium supplementations. *Gen. Physiol. Biophys.* 34 (1), 23–32, <http://dx.doi.org/10.4149/gpb.2014027>.
- Heynick LN, Merritt JH. (2003). Radiofrequency fields and teratogenesis. *Bioelectromagnetics* 24:S174–S186.

- Inskip PD, Hoover RN, Devesa SS. (2010). Brain cancer incidence trends in relation to cellular telephone use in the United States. *Neuro Oncol.*; 12(11):1147–1151.
- Lahbib, A., Ghodbane, S., Sakly, M., Abdelmelek, H., (2014). Vitamins and glucose metabolism: the role of static magnetic fields. *Int. J. Radiat. Biol.* 90 (12), 1240–1245, <http://dx.doi.org/10.3109/09553002.2014.930537>.
- Mahajan A, Singh M. (2012). Human health and electromagnetic radiations. *International journal of engineering and innovative technology* 1:6.
- Mims FM, Frederick JE. (1994). Cumulus clouds and UV-B. *Nature* 371:291. Balk SJ and Section on Dermatology of American Academy of Pediatrics. 2011. Ultraviolet radiation: a hazard to children and adolescents. *Pediatrics* 127:588–597.
- Muscat JE, Hinsvark M, Malkin M. (2006). Mobile telephones and rates of brain cancer. *Neuroepidemiology.*;27(1):55–56.
- Nishigori C. (2015). Current concept of photocarcinogenesis. *Photochemical & Photobiological Sciences* 14:1713–1721.
- Moulder JE, Foster KR, Erdreich LS, McNamee JP. (2005). Mobile phones, mobile phone base stations and cancer: a review. *Int J Radiat Biol.*;81(3):189–203.
- OMS. (2014). Available from: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>.
- Phillips J. L., Ivaschuk O., Ishida-Jones T., Jones R. A., Campbell-Beachler M., and Haggren W. (1998). "DNA damage in Molt-4 T-lymphoblastoid cells exposed to cellular telephone radiofrequency fields in vitro," *Bioelectrochem. Bioenergetics*, vol. 45, pp. 103–110.
- Salah, M.B., Abdelmelek, H., Abderraba, M., (2013). Effects of olive leave extract on Metabolic disorders and oxidative stress induced by 2.45 GHz WIFI signals. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 36 (3), 826–834, <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2013.07.013>.
- Schmidt LS, Schmiegelow K, Lahteenmaki P, et al. (2011). Incidence of childhood central nervous system tumors in the Nordic countries. *Pediatr Blood Cancer*; 56(1):65–69.
- Urán, M. y Cano L. (2008). Melanina: implicaciones en la patogénesis de algunas enfermedades y su capacidad de evadir la respuesta inmune del hospedero. *Asociación Colombiana de Infectología*. Vol. 12-2, pp. 357-377.
- Williams, P., Fletcher, S. (2010). Health effects of prenatal radiation exposure. *American family physician* 82:5.
- Zhang M. B., He J. L., Jin L. F., and Lu D. Q. (2002) "Study of low-intensity 2450-MHz microwave exposure enhancing the genotoxic effects of mitomycin C using micronucleus test and comet assay in vitro," *Biomed. Environ. Sci.*, vol. 15, pp. 283–290.