

## Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja y su influencia en la salud humana: un tema polémico

### *Extremely low frequency electromagnetic fields and their influence on human health: a controversial topic*

**Dra. Moura Revueltas Agüero; MSc. Tania Gutiérrez Soto**

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

**Fundamento:** en todas las áreas de la vida moderna, está presente de forma creciente la exposición a campos electromagnéticos de frecuencia muy baja, su influencia sobre la salud de los seres humanos constituye un tema de debate a nivel mundial por considerarse como posibles carcinógenos humanos.

**Objetivo:** realizar un análisis crítico del tema basado en los valores de exposición a los campos electromagnéticos de frecuencia baja, propuestos en las directrices de la comisión internacional para la protección contra las radiaciones no ionizantes y la bibliografía existente consultada.

**Métodos:** se realizó una revisión bibliográfica con el método de análisis bibliográfico a través de una búsqueda realizada entre los años 1979 al 2016, donde se consultaron bases de datos especializadas y se seleccionaron 28 publicaciones científicas sobre el tema.

**Desarrollo:** la comisión internacional para la protección contra las radiaciones no ionizantes publicó directrices de exposición en 1998 y 2010, de manera que superó por margen muy amplio los valores de la segunda respecto a la primera, lo que no se justifica de acuerdo a los numerosos estudios publicados sobre el tema que relacionan la aparición de leucemia con inducciones magnéticas mayores de 0,4  $\mu$ T.

**Conclusiones:** los sistemas biológicos sufren la influencia de la inducción magnética de los campos electromagnéticos de frecuencia muy baja antropogénicos. Existe la necesidad de que la proyec-

ción mundial sobre este tema esté dirigida a la protección inmediata de las personas con regulaciones sanitarias de carácter legal.

**DeCS:** CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS; SALUD AMBIENTAL; CONTROL DE LA EXPOSICIÓN A LA RADIA-  
CIÓN; HUMANOS; LITERATURA DE REVISIÓN COMO ASUNTO.

---

## ABSTRACT

**Background:** in all areas of modern life, exposure to extremely low frequency electromagnetic fields is increasingly present, its influence on human health continues to be a subject of worldwide debate by considered as possible human carcinogens.

**Objective:** this led to a critical analysis of the topic based on exposure values to extremely low frequency electromagnetic fields, proposed in the guidelines of the International Commission on Non-ionizing Radiation Protection and the existing bibliography consulted.

**Methods:** a bibliographic review was carried out using the method of bibliographic analysis through a search carried out between 1979 and 2016, where specialized databases were consulted and 28 scientific publications were selected on the subject.

**Development:** the International commission on non-ionizing radiation protection published exposure guidelines in 1998 and 2010, surpassing the values of the second with respect to the first, which is not justified according to the numerous published studies on the subject that relate the occurrence of leukemia with magnetic inductions greater than 0.4  $\mu$ T.

**Conclusions:** biological systems are influenced by the magnetic induction of anthropogenic extremely low frequency electromagnetic fields. There is a need for the global projection on this issue to be directed at the immediate protection of persons with legal health regulations.

**DeCS:** ELECTROMAGNETIC FIELDS; ENVIRONMENTAL HEALTH; CONTROL DE LA EXPOSICIÓN A LA  
RADIACIÓN; HUMANS; REVIEW LITERATURE AS TOPIC.

---

## INTRODUCCIÓN

En todas las áreas de la vida moderna está presente, de forma creciente, la exposición a campos electromagnéticos de frecuencia muy baja (CEM-FEB) por la dependencia que el hombre ha hecho de la electricidad. Todos los equipos electrodomésticos que se usan consumen energía eléctrica y al entrar en funcionamiento de forma inexorable generan en mayor o menor

medida un campo magnético. Las redes de suministro eléctrico, compuestas por las líneas de alta tensión y las domésticas, constituyen una importante fuente de emisión de esos campos que pueden tener densidades de flujo magnético o inducción magnética importantes.

Reiter RJ<sup>1</sup> refiere que, en la década del 60 del pasado siglo, en la antigua Unión Soviética, fue

reportada por los científicos Asanova y Rakov la aparición de síntomas neurológicos en trabajadores de las grandes centrales eléctricas. Los síntomas que presentaron fueron: cefalea, fatiga, dificultades en la concentración, incremento de la excitabilidad y trastornos del sueño, entre otros. La exposición ocupacional a los CEM-FEB, generados en el proceso de producción de electricidad en estas industrias, era el denominador común. Con posterioridad se sugirió que esta exposición estaba relacionada con perturbaciones en la actividad eléctrica del sistema nervioso central.

Los CEM-FEB son radiaciones con energía transmitida por ondas de fuerzas eléctricas y magnéticas, situadas en la parte baja del espectro electromagnético con frecuencias entre 0 a 300 Hz en la zona de las radiaciones no ionizantes.<sup>2</sup>

Dentro de sus propiedades está la densidad de flujo magnético o inducción magnética (B) que es la intensidad de campo magnético que se genera sobre las cargas que se mueven en un medio no vacío.<sup>2,3</sup> Las unidades de medida en que se expresa son Tesla (T), militeslas (mT), microteslas ( $\mu$ T) y nanoteslas (nT). También puede ser expresada en Gauss (G).

La densidad del flujo o inducción magnético, es la fuerza que ejerce el campo magnético sobre los cuerpos que lo rodean y sus valores son útiles para su evaluación y para establecer directrices de exposición.<sup>4</sup>

En la actualidad, la influencia de los CEM-FEB sobre la salud de los seres humanos es un tema de debate a nivel mundial, pues no existe acuerdo entre los científicos sobre la cuestión. Algunos consideran que los estudios realizados no son

concluyentes y que se necesitan nuevas investigaciones. El nivel de incertidumbre hace que no se tracen políticas enérgicas dirigidas a la protección de las personas en muchos países<sup>5</sup> y sin lugar a dudas los niveles de exposición son mayores cada día y el pronóstico indica que continuarán en incremento.

El aumento del número de personas que enferman con dolencias de pronóstico reservado, a nivel mundial, es una realidad. En el año 2001, la agencia internacional de investigación del cáncer consideró que los campos magnéticos de muy baja frecuencia son posibles carcinógenos humanos<sup>6,7</sup> por lo que tomar medidas enérgicas de protección es una necesidad inmediata.

La preocupación mundial por este tema ha generado proyecciones, tanto de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como de otras instituciones y gobiernos. En mayo de 1992 se establece una organización científica independiente, la Comisión internacional para la protección contra las radiaciones no ionizantes o *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP como es conocida por sus siglas en inglés), reconocida de manera oficial por la OMS, cuyas funciones son: investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de radiaciones no ionizantes, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición y tratar todos los aspectos sobre la protección.<sup>8</sup>

El propósito del trabajo es, basado en los valores de exposición a los CEM-FEB propuestos en las directrices de la ICNIRP y la bibliografía existente consultada, realizar un análisis crítico del te-

ma.

## MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica con el método de análisis bibliográfico, a través de una búsqueda realizada sin restricciones de idioma, desde el año 1979 en que se publica el primer estudio epidemiológico relacionado con el tema tratado, hasta el momento actual, año 2016, al seguir en el análisis un orden cronológico. Los términos que se utilizaron para la búsqueda, localizados en el DeSC, fueron: campos electromagnéticos, salud ambiental, límites permisibles y control de la exposición a la radiación, humanos; se consultaron las bases de datos Lilacs, Medline, PubMed y SciELO en las que se identificaron 254 documentos publicados, de ellos se seleccionaron para esta revisión 30 documentos que responden de manera puntual al objetivo, entre los que se encuentran libros, tesis y artículos científicos nacionales y extranjeros, además se incluyen publicaciones de sitios Web de organizaciones internacionales. Las referencias bibliográficas de los artículos recuperados fueron también revisadas en busca de

fuentes adicionales pertinentes sobre el tema tratado.

## DESARROLLO

La ICNIRP, en reunión de expertos efectuada en 1997, estableció directrices internacionales sobre los límites de la exposición humana para todos los campos electromagnéticos, con inclusión de la radiación ultravioleta, la luz visible y la radiación infrarroja, dadas a conocer como "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up to 300GHz). ICNIR: 1998". Para los CEM-FEB se instauraron para exposición ocupacional 416,7  $\mu\text{T}$  y para el público en general 83,3  $\mu\text{T}$ .<sup>8</sup> En el año 2009 se establecieron nuevas directrices, publicadas como "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (1Hz-100kHz). ICNIR: 2010". Los valores establecidos como criterios resultaron muy elevados respecto a los anteriores, pues se consideró para la exposición ocupacional 1mT=1000 $\mu\text{T}$  y para la población 0,2 mT= 200  $\mu\text{T}$  (tabla 1).<sup>9</sup>

**Tabla 1.** Comparación entre las directrices de ICNIR 1998-2010

|            | Rango de frecuencia (KHz-Hz) | Niveles de referencia de densidad de flujo magnético (B) para exposición ocupacional |                             | Niveles de referencia de densidad de flujo magnético (B) para exposición poblacional |                             |
|------------|------------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
|            |                              | Fórmula  | Valor de B( $\mu\text{T}$ ) | Fórmula  | Valor de B( $\mu\text{T}$ ) |
| ICNIR-1998 | 0,025-0,82 kHz               | $25/f$ ( $\mu\text{T}$ )   | 416,7 $\mu\text{T}$         | $5/f$ ( $\mu\text{T}$ )  | 83,3 $\mu\text{T}$          |
| ICNIR-2010 | 25-300Hz                     | $1 \times 10^{-3}$ (T)   | 1000 $\mu\text{T}$          | $2 \times 10^{-4}$ (T)   | 200 $\mu\text{T}$           |

Fuentes: ICNIR-1998, ICNIR-2010

En la comparación de los valores que se observan en ambas directrices es evidente el considerable aumento mostrado en la ICNIR-2010 respecto a la ICNIR-1998. Resulta inexplicable, pues en el mismo documento de la ICNIR-2010 se reconoce que existen estudios epidemiológicos que han encontrado que la exposición crónica a los campos magnéticos con densidades de 0,3-0,4 $\mu$ T está asociada con un aumento en el riesgo de leucemia infantil.<sup>9</sup>

En la literatura de impacto publicada sobre este tema, se reconoce que los CEM-FEB pueden inducir campos y corrientes eléctricas en el cuerpo humano,<sup>2, 6, 10, 11</sup> que podrían estimular nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos<sup>12</sup> como la velocidad de las reacciones y una gran cantidad de procesos bioquímicos, donde se modifican las actividades celulares.<sup>13</sup> Además, pueden alterar la actividad eléctrica de las membranas celulares y la retina.<sup>14</sup> La exposición a CEM-FEB muy intensos, puede ser perjudicial para la salud.<sup>12</sup>

Se considera que los CEM-FEB producen en un organismo vivo alteraciones a nivel de la membrana celular, cambios en el ácido desoxirribonucleico (ADN), en el equilibrio de los iones de calcio, en la secreción de la hormona melatonina y en la modificación del funcionamiento del sistema inmunológico. Estos cambios constituyen la base para el desarrollo de afecciones a la salud importantes como el cáncer<sup>15</sup> y las enfermedades degenerativas del sistema nervioso central.<sup>3, 16, 17</sup>

En 1979, Wertheimer N y Leeper E,<sup>18</sup> de la Universidad del Colorado estudiaron casos de cán-

cer en niños en Denver y observaron relación entre el riesgo de aparición de cáncer, incluida la leucemia, y el hecho de vivir cerca de las líneas de alta tensión. Este fue el primero de muchos estudios epidemiológicos sobre la exposición a campos electromagnéticos y sus efectos sobre la salud.

Kheifets L, et al,<sup>19</sup> analizaron los resultados de siete estudios publicados después del año 2000 sobre la exposición residencial a campos magnéticos y su relación con la leucemia en niños. Estos estudios reunieron 10 865 casos con leucemia infantil y 12 853 controles sanos. Se compararon exposiciones a inducciones magnéticas mayores de 0,3  $\mu$ T con menores de 0,1  $\mu$ T y la posibilidad de padecer leucemia y resultó una razón de disparidad u Odds Ratios (OR) igual a 1,44. Se constató que el riesgo de padecer leucemia en niños se incrementa con el aumento de la exposición residencial a los campos magnéticos.

Por otra parte, existen estudios de laboratorio multicentros publicados en el año 2005, desarrollados por el proyecto REFLEX de la Comunidad Económica Europea,<sup>20</sup> con resultados notables. Consistieron en exponer fibroblastos humanos a CEM de 50 Hz, en los que fueron observados cambios celulares indicadores de genotoxicidad como aberraciones en los cromosomas con presencia de ADN dañado, micronúcleos y fragmentos de cromosomas fuera de los núcleos durante la división celular. Evidenciaron por el análisis del genoma en su microestructura que en estos cultivos celulares sometidos a CEM-FEB puede afectarse la expresión de genes

y proteínas involucradas en la división, proliferación y diferenciación celular, ya que tienen la capacidad potencial de alterar los genes y con ello favorecer la aparición de enfermedades como cáncer y alteraciones neurológicas.

En Cuba, en el año 2005, se publicó un estudio de casos-control realizado en La Habana por Barceló C, et al,<sup>21</sup> en niños enfermos con leucemia y niños sanos, para establecer la relación entre esa enfermedad y la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia. Los resultados indicaron que la razón de disparidad de la leucemia infantil se incrementó con la intensidad de la exposición a CEM-FEB para inducciones magnéticas superiores a 0,4  $\mu\text{T}$  y este componente magnético del campo explicaría alrededor del 16 % de la incidencia de leucemia en niños.

En los años 2006 y 2007 en La Habana, Cuba, se publicaron otros estudios sobre factores de riesgo de leucemia infantil que mostraron como resultados que la exposición a los CEM-FEB constituye un factor de riesgo para esa enfermedad.<sup>22</sup>

-23

En la actualidad se trabaja en la caracterización de la inducción magnética que se origina en su industria eléctrica<sup>4</sup> y se proyectan futuras normas de exposición a los CEM-FEB en el nivel ocupacional.

La Agencia Europea de Medio Ambiente<sup>24</sup> dio a conocer en un informe en el año 2007 como conclusiones, que hay pocas dudas sobre que la exposición CEM-FEB causa leucemia infantil y hay algunas evidencias de otros cánceres en niños, es un factor de riesgo para el cáncer de mama, la enfermedad de Alzheimer, además se

pueden considerar genotóxicos, causar reacciones inflamatorias y alérgicas.

En la provincia de Shanghai, China, Yang Y, et al,<sup>25</sup> realizaron un estudio de casos publicado en el año 2008 con 123 niños portadores de leucemia aguda, residentes a 500 metros o menos de transformadores eléctricos y líneas de alta tensión. Se realizaron estudios genéticos y los niños presentaron una versión defectuosa de genes para la reparación del ADN dañado. Se expuso una posible asociación entre la proximidad de esas fuentes de CEM-FEB y la presencia del defecto genético con padecer leucemia aguda en niños. De igual forma, concluyeron que puede considerarse como factor de riesgo para el desarrollo de esta enfermedad en niños con este genotipo el residir a una distancia menor o igual a 100 metros de los transformadores eléctricos y las líneas de alta tensión y con campos magnéticos mayores de 0,14  $\mu\text{T}$ .

En el año 2011 fue publicado un estudio realizado por Marcilio I, et al,<sup>26</sup> en Sao Paulo, Brasil, con resultados interesantes. Se valoraron 1 857 casos de leucemia y se encontró mayor riesgo de mortalidad por esa causa, en los adultos que vivían cerca de las líneas de transmisión de la corriente eléctrica, comparados con los que vivían a más de 400 m, al ser el mayor riesgo para los que lo hacían a 50 m. Se apreció pequeño aumento de la mortalidad por leucemia en las personas que vivían en casas expuestas al campo magnético calculado más alto (superior a 0.3  $\mu\text{T}$ ).

La Asamblea Parlamentaria del Consejo de Europa,<sup>27</sup> en el 2011, aprobó una resolución al reco-

recomendar que se tomen todas las medidas razonables para reducir la exposición a CEM-FEB, como la planificación de las líneas de energía eléctrica y otras instalaciones a distancias seguras de las viviendas, aplicar normas estrictas de seguridad para sistemas de tendido eléctrico de las nuevas construcciones, proteger a las personas electrosensibles y en sentido general cumplir con el principio de niveles tan bajos como sea posible.

En el año 2014 se publica un artículo por Grellier J, et al, <sup>28</sup> sobre el potencial impacto de la exposición residencial a CEM FEB sobre la salud. Hacen referencia a que el 2 % de los casos de leucemia infantil en Europa. Todos los años se puede guardar relación con la exposición residencial a CEM FEB. Refieren que existe la necesidad de ganar en claridad sobre los mecanismos que justifiquen esa relación, por lo que la investigación sobre el tema se debe continuar y realizar un monitoreo más extenso de las exposiciones residenciales a estas radiaciones.

En el año 2015 Panagopoulos DJ, et al, <sup>15</sup> hace referencia a que la polarización es la responsable de que los CEM creados por el hombre, que son campos polarizados, tengan la característica de ser más bioactivos, que los CEM naturales no polarizados. La polarización justifica la influencia negativa de los CEM antropogénicos sobre los sistemas biológicos.

El diseño de los organismos vivos está concebido para coexistir en equilibrio con los campos magnéticos naturales, como el propio campo magnético de la tierra. Los seres vivos, al entrar en contacto con los CEM polarizados, son suscepti-

bles de sufrir desequilibrios a todos los niveles, al comenzar por la ruptura del balance electroquímico de la célula al evadir de esta forma los órganos, sistemas y por ello, se puede de forma considerable la probabilidad de iniciación de efectos adversos a la salud. Se consideraron en el año 2016, los CEM FEB como posibles carcinógenos humanos, por lo que se mantiene la necesidad de continuar la investigación sobre este importante y polémico tema. <sup>29</sup>

Existen países que están a la vanguardia en cuanto a protección electromagnética se refiere, que han adoptado valores límites bajos de inducción magnética para las instalaciones eléctricas y los espacios poblaciones, lo que se traduce en protección para los trabajadores de estas industrias y para la población. <sup>30</sup>

## CONCLUSIONES

Los sistemas biológicos sufren la influencia de la inducción magnética de los CEM-FEB antropogénicos.

En la actualidad Cuba trabaja en la caracterización de la inducción magnética que se origina en su industria eléctrica y se proyectan las futuras normas de exposición a los CEM-FEB en el nivel ocupacional.

Existe la necesidad de que la proyección mundial sobre la influencia de los CEM-FEB antropogénicos esté dirigida a la protección inmediata de las personas. La humanidad no puede darse el lujo de esperar a que los resultados de los estudios científicos sobre este tema, sean capaces de convencer a los más escépticos y a los que, por intereses económicos, no les resulta agradable

reconocer los efectos adversos de los CEM-FEB. Aún basado en un criterio presuntivo, es necesario establecer una limitación sanitaria de carácter legal para regular la exposición a los CEM, pues mientras los decisores aguardan por resultados más convincentes, se enferman y mueren seres humanos que tienen el derecho a la vida y a disfrutar con calidad de ella.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reiter RJ. A review of Neuroendocrine and Neurochemical Changes Associated with Static and Extremely Low Frequency Electromagnetic Field Exposure. *Int Physiol Behav Science*. 1993;28(1):57-75.
2. Knave B. Radiation, non-ionizing. En: Stellman JM, editor. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. VII. 4th ed. Geneva: International Labour Office; 1998. p. 49.1-49.31.
3. García SI. La Salud Humana y los Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB) [Internet]. Buenos Aires: Asociación Toxicológica Argentina; 2005 [citado 6 Jul 2016]. Disponible en: <http://www.adeera.com.ar/archivos/INFORME%20DE%20ATA%20Version%20final.pdf>
4. Revueltas Agüero M. Contaminación magnética de frecuencia extremadamente baja en instalaciones eléctricas y sus vecindades. La Habana, 2013-2015 [tesis Maestría]. La Habana: INHEM; 2015.
5. Spruijt P, Knol AB, Petersen AC, Le Bret E. Different roles of electromagnetic field experts when giving policy advice: an expert consultation. *Environmental Health* [Internet]. 2015 [citado 2016 Jul 12];14(7):[about 8 p.]. Available from: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-14-7>
6. Organización Mundial de Salud. Campos electromagnéticos (CEM). El Proyecto Internacional CEM [Internet]. Ginebra: OMS; c2016 [citado 19 Jul 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/peh-emf/project/es/>.
7. Johansen C. Electromagnetic fields and health effects—epidemiologic studies of cancer and arrhythmia-related heart disease. *Scand J Work Environ Health* [Internet]. 2004 [citado 2016 Jul 12];30(Suppl 1):[about 80 p.]. Available from: [http://www.sjweh.fi/download.php?abstract\\_id=792&file\\_nro=1](http://www.sjweh.fi/download.php?abstract_id=792&file_nro=1)
8. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up to 300GHz). *Health Physics* [Internet]. 1998 [cited 2016 Jul 12];74(4):[about 28 p.]. Available from: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>
9. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (1Hz to 100 kHz) *Health Phys* [Internet]. 2010 Dec [cited 2016 Jul 12];99(6):[about 18 p.]. Available from: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf>
10. World Health Organization. Extremely low frequency fields [Internet]. Ginebra: WHO; 2007 [citado 2016 Jul 14]. Available



from: [http://www.who.int/peh-emf/publications/Complet\\_DEC\\_2007.pdf](http://www.who.int/peh-emf/publications/Complet_DEC_2007.pdf)

11. Koifman RJ, Echenique Mattos I. Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (50-60Hz) e cáncer: Revisión comentada de la literatura. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública; 1996.
12. Organización Mundial de Salud. Campos electromagnéticos (CEM). Campos electromagnéticos y la salud pública. Exposición a campos de frecuencia extremadamente bajas [Internet]. Ginebra: OMS; c2016. Nota descriptiva No.322; Jun 2007 [citado 12 Jul 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/es/>.
13. Heredia Rojas JA, Rodríguez Flores L, Santoyo Stephano M, Castañeda Garza E, Rodríguez De la Fuente A. Los campos electromagnéticos: ¿un problema de salud pública? Respyn [Internet]. 2003 [citado 6 Feb 2015];4(1): [aprox. 25 p.]. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/iv/1/ensayos/campos.html>
14. Upton A. Radiación. En: Frumkin H, editor. Salud Ambiental de lo global a lo local. Washington, DC: McGraw-Hill Interamericana; 2010. p. 776-8.
15. Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL. Polarization: A key difference between man-made and natural electromagnetic fields, in regard to biological activity. Nature.com. Scientific Reports [Internet]. 2015 Oct [citado 2016 Jul 23];(5): [about 25 p.]. Available from: <http://www.nature.com/articles/srep14914>
16. Markov MS, Pilla AA. Weak static magnetic field modulation of myosin phosphorylation in a

- cell free preparation: calcium dependence. Bioelectr Bionerg. 1997;43(2):233-8.
17. Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines. Am J Epidemiol. 1993;138(7):467-81.
  18. Wertheimer N, Leeper E. Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer. Am J Epidemiol [Internet]. 1979 [citado 2016 Jul 23];109(3):[aprox. 12 p.]. Available from: <http://aje.oxfordjournals.org/content/109/3/273.full.pdf>
  19. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. Br J Cancer [Internet]. 2010 Sep 28 [citado 2016 Jul 12];103(7): [aprox. 8 p.]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2965855/>.
  20. Khail AM, Qassem W, Amoura F. Cytogenetic changes in human lymphocytes from workers occupationally exposed to high-voltage electromagnetic fields. Electro magnetobiol [Internet]. 1993 [citado 2016 Jul 12];12(1): [aprox. 9 p.]. Available from: <http://dx.doi.org/10.3109/15368379309012859>
  21. Barceló Pérez C, Guzmán Piñeiro R, Taureau Díaz N. Campos electromagnéticos de baja frecuencia y leucemia infantil en Ciudad de la Habana. Rev Cub Hig Epidemiol [Internet]. 2005 [citado 7 Jul 2016];43(3):[aprox. 20 p.]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=5086403001997000100006&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=5086403001997000100006&script=sci_arttext&lng=pt)

22. Guzmán Piñeiro R, Barceló Pérez C, Taureaux Díaz N, Reyes Secades G, Moncada Rodríguez I. Estudio caso-control sobre factores de riesgo de la leucemia infantil en Ciudad de la Habana. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. Abr 2007 [citado 14 Jul 2016];45(1):[aprox. 11 p.]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032007000100006&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032007000100006&lng=es)
23. Reyes Secades G, Barceló Pérez C, Moncada Rodríguez I. Leucemia infantil aguda y campos electromagnéticos en municipios de Ciudad de La Habana: Estudio de casos y controles. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. Abr 2006 [citado 14 Jul 2016];44(1):[aprox. 26 p.]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032006000100002&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000100002&lng=es)
24. The Bioinitiative Report 2012. A Rationale for Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation [Internet]. California, (USA): Bioinitiative Report; c2006-2014 [citado 2016 Jul 12]. Available from: <http://bioinitiative.info/bioInitiativeReport2012.pdf>
25. Yang Y, Jin X, Yan Ch, Tian Y, Tang J, Shen X. Case-only study of interactions between DNA repair genes (hMLH1, APEX1, MGMT, XRCC1 and XPD) and low-frequency electromagnetic fields in childhood acute leukemia. *Leukemia & Lymphoma* [Internet]. 2008 Dec [citado 2016 Jul 9];49(12):[about 17 p.]. Available from: <http://hinari-gw.who.int/whalecominformahealthcare.com/whalecom0/doi/pdf/10.1080/10428190802441347>
26. Marcilio I, Gouveia N, Pereira Filho ML, Kheifets L. Adult mortality from leukemia, brain cancer, amyotrophic lateral sclerosis and magnetic fields from power lines: a case-control study in Brazil. *Rev bras epidemiol* [Internet]. 2011 Dec [citado 2016 Jul 24];14(4):[about 8 p.]. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-790X2011000400005&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2011000400005&lng=en)
27. Asamblea Parlamentaria del Consejo de Europa (APCE). Consejo de Europa pide que se tomen medidas frente a la radiación [Internet]. España: Consejo de Europa; 2011 [citado 12 Jul 2016]. Disponible en: [http://www.next\\_up.org/NewsOfTheWorld/2011.pdf](http://www.next_up.org/NewsOfTheWorld/2011.pdf)
28. Grellier J, Ravazzani P, Cardis E. Potential health impacts of residential exposures to extremely low frequency magnetic fields in Europe. *Environ Int* [Internet]. 2014 [citado 2016 Jul 16];62:[about 9 p.]. Available from: <http://public-files.prbb.org/publicacions/4260f5d0-9ada-0131-59d5-525400e56e78.pdf>
29. Schüz J, Dasenbrock C, Ravazzani P, Rössli M, Schär P, Bounds PL, et al. Extremely Low-Frequency Magnetic Fields and Risk of Childhood Leukemia: A Risk Assessment by the ARIMMORA Consortium Bioelectromagnetics [Internet]. 2016 [citado 2016 Aug 23];37(3): [about 7 p.]. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bem.21963/full>
30. Alonso Fustel E, Garcia Vázquez R, Onaindia Olalde C. Campos electromagnéticos y efectos en salud [Internet]. Bizkaia (España):

Subdirección de Salud Pública de Bizkaia; 2012

[citado 2 Jul 2016]. Disponible en: [http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cem\\_salud/es\\_cem/adjuntos/cem.pdf](http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cem_salud/es_cem/adjuntos/cem.pdf)

Recibido: 17 de febrero de 2017

Aprobado: 12 de junio de 2017

Dra. Moura Revueltas Agüero. Máster en Salud Ambiental, Especialista de I Grado en MGI y de II Grado en Higiene y Epidemiología, Profesor asistente e Investigador agregado. Departamento de Epidemiología. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba. Email: [moura@infomed.sld.cu](mailto:moura@infomed.sld.cu)