

# Los Campos Magnéticos de 60 Hz y sus Posibles Efectos en la Saud

Guillermo Aponte M.\*  
Héctor Cadavid Ramírez\*\*  
María Elena Moncada\*\*\*

## RESUMEN

A partir del hecho de que los campos electromagnéticos de altas frecuencias como los rayos X, producen alteración a nivel genético[1], nació la duda sobre si los campos magnéticos generados por el sistema eléctrico de energía (60 Hz) pudieran provocar efectos similares que fueran perjudiciales para la salud humana. En este artículo se hace una descripción de los principales métodos empleados para el estudio de los efectos biológicos de los campos magnéticos, los resultados obtenidos en algunos estudios y la posición de diferentes instituciones y organizaciones. Igualmente se presenta la importancia de hacer sobre el tema una comunicación social clara.

\* Ingeniero Electricista y Especialista en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica de la Universidad del Valle. MSc. En Ingeniería Eléctrica del Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Manchester UMIST, Inglaterra. Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle. Email:gponte@univalle.edu.co

\*\* Ingeniero Electromecánico, M. Sc. y Ph. D. en Ingeniería Eléctrica del Instituto Superior Energético de Moscú,. Director del Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA y Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle. Email:hcadavid@univalle.edu.co

\*\*\* Ingeniera Electricista de la Universidad de Antioquia, estudiante de Doctorado en Ingeniería en la Universidad del Valle. Email:mariaema@ieeee.org

Fecha de recepción: Junio 27 de 2003  
Fecha de aprobación: Octubre 17 de 2003

**Palabras Claves:** Campo magnético, campo eléctrico, efectos biológicos.

## ABSTRACT:

Starting from the fact that the electromagnetic fields of high frequencies like the rays X, produces alteration at level genético[1], the doubt was born on if the magnetic fields generated by the electric system of energy (60 Hz) they could cause similar effects that were harmful for the human health. In this article a description of the main methods is made used for the study of the biological effects of the magnetic fields, the results obtained in some studies and the position of different institutions and organizations. Equally the importance is presented of making on the topic a communication social clear.

**Key Words:** Magnetic field, electric field, biological effects.

## 1. INTRODUCCIÓN

La respuesta a la pregunta ¿representan los campos magnéticos de frecuencia industrial un riesgo para la salud?, genera todavía una gran controversia, esto ha hecho que este tema haya pasado de ser una discusión científica a ser también un tema de interés político y sobre todo público.

La energía eléctrica es una herramienta indispensable para el desarrollo, así las grandes centrales eléctricas, las líneas de transmisión y la creciente industria de la electrónica, han hecho que los campos magnéticos se conviertan en un factor de la vida diaria.

Los primeros temores sobre la posible relación entre los campos magnéticos y la salud humana fueron planteados en el año de 1979, cuando a partir de un estudio epidemiológico se generó la hipótesis de que los niños que vivían en las cercanías de las líneas de potencia tenían un riesgo incrementado en el desarrollo del

cáncer[2], desde entonces muchos estudios han analizado desde el supuesto efecto cancerígeno hasta alteraciones psiquiátricas, tratando de llegar a una conclusión científicamente válida sobre los efectos de los campos magnéticos a frecuencia industrial.

## 2. CONCEPTOS DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

El campo magnético más conocido es el terrestre al cual están constantemente sometidos todos los seres humanos, este campo es "estático", ya que no cambia en el tiempo. Por el contrario los campos originados por las redes eléctricas tienen variación periódica es decir que oscilan a 60 Hz.

El campo magnético se presenta cuando hay circulación de corriente eléctrica, y su magnitud es proporcional a ésta, es medido comúnmente como densidad de flujo magnético (B) en unidades de miligauss (mG) o microtesla ( $\mu\text{T}$ ), ( $1\mu\text{T} = 10\text{ mG}$ ).

Los campos pueden organizarse de acuerdo a un espectro electromagnético en relación a su frecuencia (f), en la tabla 1 se muestran algunos ejemplos de fuentes generadoras de campos y su respectiva frecuencia. Cuando la frecuencia de las ondas es muy alta (mayor de 3 GHz), los campos eléctricos y magnéticos están unidos y se consideran como campos electromagnéticos, a frecuencia industrial se comportan como campos separados e independientes.

Los campos eléctricos se relacionan con las fuentes de voltaje, las unidades de campo eléctrico son kV/m (kilovolt/metro). En los sistemas de frecuencia industrial, generalmente la presencia de un campo eléctrico lleva asociado un campo magnético y viceversa.

Fuente	Frecuencia
Transporte Ferroviario	< 60Hz
Líneas Eléctricas	50 - 60 Hz
Pantallas de Televisor	15 000 Hz
Emisora de Radio AM	1000 000Hz
Emisora de Radio FM	100 000 000 Hz
Telefonía Móvil	1 800 000 000 Hz
Hornos Microondas	2 450 000 000 Hz
Luz visible	500 000 000 000 000 Hz
Rayos X	100 000 000 000 000 000Hz

Tabla 1. Ejemplos de algunas fuentes de campo electromagnético y sus frecuencias correspondientes

### 3. RELACIÓN ENTRE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS Y LOS EFECTOS BIOLÓGICOS

El funcionamiento del cuerpo humano se debe en gran parte a las corrientes eléctricas endógenas, como por ejemplo el latido del corazón. Si de alguna forma se introdujeran corrientes, éstas podrían alterar el funcionamiento de algunos de sus mecanismos. Los estudios tratan de buscar la relación entre la aplicación de un campo magnético a frecuencia industrial y los posibles daños que ocasionarían las corrientes inducidas por éste. Se han estudiado diversas magnitudes de campos magnéticos en tiempos de aplicación y hasta ahora no se puede concluir que los campos magnéticos a 60 Hz modifiquen moléculas importantes como el ADN [3].

Las densidades de corriente natural en el cuerpo humano son aproximadamente de 1 a 10 mA/m<sup>2</sup>; para alcanzar los 10 mA/m<sup>2</sup> se necesitaría una exposición a campo magnético superior a 500 µT, una intensidad 50 veces superior a la que puede encontrarse bajo una línea de 220 kV. En Colombia por ejemplo, se tienen magnitudes del orden de 2 µT para líneas de 230 kV y de 0,6 T para líneas de 115 kV[6], que se encuentran dentro de las típicas encontradas bajo las líneas de transmisión[2,1,5,7]. Cabe señalar que cuando se está expuesto a un campo magnético variable de 0,2-20 µT, se generan en el cuerpo campos eléctricos entre 0,004 y 0,4mv/m. Este

Este valor es muy inferior a los aproximadamente 20 mV/m naturales del cuerpo humano [4].

## 4. LOS TIPOS DE ESTUDIO

Las metodologías que hasta ahora se han implementado para el estudio de los efectos biológicos de los campos se clasifican en tres modelos: estudios epidemiológicos, estudios "in vivo" y estudios "in vitro".

### 4.1. Estudios Epidemiológicos

Los estudios epidemiológicos se implementan para investigar la asociación entre efectos en la salud y exposiciones a presumibles agentes de enfermedad, los métodos tratan de encontrar el riesgo de dicho efecto a partir de estudios con grupos de personas. Muchos estudios epidemiológicos se han hecho alrededor de los efectos biológicos de los campos magnéticos, con adultos voluntarios, niños, ambientes laborales, residenciales, etc., para evaluar enfermedades como leucemia (en todas sus variedades), cáncer en todos los sitios y enfermedades diferentes al cáncer [2,3,4]. A nivel residencial estudios en países como Estados Unidos, Reino Unido, Francia y Suecia, han encontrado que las magnitudes de los campos magnéticos van desde 0,05 µT hasta un máximo de 0,6 µT [3]. Un estudio desarrollado por la EPRI denominado el estudio de los mil hogares[8], importante por el tamaño de muestra, midió el campo magnético en diferentes partes de las casas como la cocina, la sala y los cuartos, de este estudio la más alta magnitud de campo magnético encontrado fue de 0,56 µT, valores similares fueron medidos en Colombia[6].

Los estudios llevados a cabo en ambientes laborales relacionados con profesiones "eléctricas" que incluyen electricistas, trabajadores de líneas eléctricas, telefonía, radio y televisión, centrales eléctricas, soldadores etc., han utilizado como principal método de clasificación una sofisticada matriz de trabajo de

exposición JEM (job-exposure matrix) [9]. Basándose en medidas y pasado de exposición la matriz arroja la presencia o ausencia de ésta. La organización de las categorías de exposición a campos magnéticos en pequeños trabajos, oficinas, casas y otros, fueron organizadas por Bowman y se reportan en la tabla 2. [2, 10]

La mayoría de estudios epidemiológicos en humanos hacen referencia a la exposición laboral y a la exposición residencial, buscando un posible riesgo de desarrollar diversos tipos de cáncer y otras enfermedades, este riesgo puede ser aumentado o por el contrario ser atenuado (existe probabilidad de proteger contra la enfermedad).

La mayoría de los resultados refieren un riesgo aumentado débil, en el cual hay una probabilidad de desarrollar la enfermedad, pero ésta es baja. La mayoría de las investigaciones epidemiológicas se hacen sobre leucemia en niños, realizados en diferentes países como: USA, Canadá, Suecia, Dinamarca, Reino Unido, Grecia, Australia, Taiwan, Nueva Zelanda, Noruega, Finlandia, Alemania y México. La tabla 3 resume en una forma amplia el número aproximado de estudios y sus resultados.

Tipo de Estudio	Resultados
<b>Ocupacionales</b>	
Al rededor de 45 o 50 estudios ocupacionales se han realizado, sobre cáncer en todos los sitios (principalmente hígado, cerebro, mama, leucemias, pulmón, sistema verivioso) para exposiciones media, alta y baja.	. En algunos no se encuentra asociación. . La mayoría tiene un riesgo aumentado débil. . En otros se encuentra como factor protector.
<b>Residenciales</b>	
Al rededor de 20 estudios residenciales se han realizado principalmente en leucemia para diferentes niveles de exposición	Se presentan factores que confunden y limitan la conclusión
<b>Cáncer en niños</b>	
El mayor número de estudios (alrededor de 50), se concentra en enfermedades en niños, como leucemias y linfomas.	. En algunos se encuentra asociación. . La mayoría tiene un riesgo aumentado débil; en otros se encuentra como factor protector.

Tabla 3. Estudios epidemiológicos y resultados

De los meta-análisis (estudios donde se agrupan los resultados de todos los estudios hasta la fecha), que han sido al rededor de 6 sobre el tema de los efectos biológicos de los campos magnéticos a frecuencia industrial, la conclusión es que no se encuentra un riesgo aumentado para la salud [2,11,12,13] .

#### 4.2 Estudios "in vitro":

Se realizan en laboratorios donde pueden ser controladas las variables deseadas y obtener un efecto a partir de una causa controlada. Este tipo de estudio se realiza sobre animales, generalmente mamíferos, para facilitar la asociación de los resultados con humanos. El prototipo de un equipo de laboratorio para exposición de campos magnéticos es una bobina Helmholtz, la cual proporciona una distribución de campo magnético razonablemente uniforme[14]. Los estudios in vitro permiten probar exposiciones bajo condiciones controladas, realizadas generalmente por encima de los ambientes magnéticos encontrados. Dentro de

Fuente	Clasificación	Campo Magnético
Browman 1988	Trabajo eléctrico en sitios no-oficina	0,07 mT (ensamble microelectrónico), 10mT (electricistas)
	Oficinas	0,31 mT; secretaria con VDT 0,11 mT Secretaria sin VDT
	Residencias	0 06 µT medidas puntuales
Deadmand 1988	Para 6 tipos de trabajos eléctricos	1,7 mT días de trabajo 0,31 mT días de no trabajo
	Para 2 oficios de construcción	0,16 µT días de trabajo 0,19 µT días de no trabajo
Sahl 1994	En subestaciones	2,1 mT electricistas 1,8 operador
	Administradores de oficina	0,1 µT, 0,18 µT, 0,23 µT Para tres clasificaciones de trabajo
Bracken 1995	Operador de subestación Electricista	0,7 mT 0,5 µT
Floderus 1996	Trabajadores de Suecia	0,05 µT con cemento 0,19 µT eléctricos y electrónicos

Tabla 2. Clasificación de la exposición en ambientes con campos magnéticos

los estudios "in vitro" se han desarrollado procesos como la iniciación, promoción y progresión de células cancerosas ante la presencia de campos magnéticos y en algunas ocasiones adicionalmente con agentes químicos. Estos estudios pretenden determinar si un agente es cancerígeno para los modelos animales[15].

Los estudios se han concentrado en dos tipos: los relativos al cáncer y los relativos a no-cáncer. En la tabla 4 se agrupan los estudios de cáncer, y en tabla 5 los de no cáncer con sus exposiciones y resultados.

Tipo de Ensayo	Animal	No. de Animales	Exposición a CEM	Resultados
Co- iniciación y promoción de cáncer de mama	Ratas	Aprox. 750 animales	0,3 mT -0,5 mT. t: constante - intermitentes	. En algunos hay una incidencia incrementada. . En otros se observan aumentos
Promoción y co-promoción del cáncer de piel	Ratones	Aprox. 250 animales	50 $\mu$ T - 2 mT. t: continua e intermitente	. En algunos hay aumento . En otros hay cambios
Promoción y co-promoción de cáncer de hígado	Ratas	Aprox. 20 animales	0,5 - 500 $\mu$ T. t: continua e intermitente	. En algunos no hay aumento . En otros decrece la incidencia
Promoción de Linf./leuc.	Ratones	Aprox. 600 animales	1 mT - 1,4 mT. t: continua e intermitente	. No hay aumento en la incidencia

Tabla 4. Estudios en diferentes tipos de cáncer en animales [2, 16, 17, 18, 19]

Tipo de Efecto	Exposición	No. Est.	Comentarios
<b>Diversos</b>			
Aversión, percepción, neurofisiológico	Desde 0,2 $\mu$ t hasta 10 mT t: diferentes	Aprox. 25	. Cambio en las condiciones
<b>Reproducción y Desarrollo</b>			
En embriones de pollo, ratas, ratones, hámster	Desde 0,2 $\mu$ t hasta 30 mT t: diferentes	Aprox. 20	. Hay cambio en embriones de pollo . En los otros animales no hay cambio.
<b>Melatonina</b>			
En embriones de pollo, ratas, ratones, hámster	Desde 0,02 $\mu$ t hasta 1 mT t: diferentes	Aprox. 20	. Se observan cambios en ratas y ratones. . En otros no hay cambio

Tabla 5. Estudios de enfermedades diferentes al cáncer [2, 3,1]

### 4.3 Estudios "in vivo":

Al igual que el anterior es un estudio de laboratorio donde se controlan las variables, pero éste se realiza sobre personas voluntarias. Tales

estudios pueden ser usados para la evaluación directa de efectos de exposición en funciones importantes en la vida diaria, tales como memoria, atención, y proceso de información. Diversos estudios se han desarrollado para diferentes tipos de cáncer y enfermedades. En la tabla 6 algunos de estos estudios y sus resultados.

Tipo de Estudio	Exposición	No. Est.	Resultados
Análisis del Espectro (Epi)	Desde 10 $\mu$ t hasta 78 $\mu$ T en DC y AC y t: diferentes	4	. No hay cambios en baja frecuencia. . Aumentado en alta frecuencia.
Relación con el potencial (Epi)	Desde 10 $\mu$ T a 30 $\mu$ T y CE: 6Kv/m-12 Kv/m t: diferente	5	. En la mayoría no hay efectos
Proceso de conoci/ y funcional/ (Epi)	Desde 10 $\mu$ T hasta 100 $\mu$ T, con t: diferentes	10	. No hay cambios
Corazón (Epi)	Desde 0,01 $\mu$ T a 30 $\mu$ T en DC y AC y t: diferentes	10	. No hay cambios
Ambiental (Epi)	Desde 0,01 $\mu$ T a 20 $\mu$ T en DC y AC con t: diferentes	5	. Decrecimiento de la melatonina

Tabla 6. Estudios "in vivo" (con voluntarios)[2,3,4]

## 5. LAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

Recomendaciones sobre los niveles de seguridad han sido establecidas por diferentes organizaciones a nivel mundial como: el IEEE en 1991[24], a partir de la cual se originó la norma ANSI C55C2.

Otras instituciones y organizaciones a nivel mundial han elaborado recomendaciones entre las que están, la Protección Radiológica Nacional (NRPB) de la United Kingdom, la Comisión Internacional de Radiación no ionizante (ICNIRP) de la Unión Europea, el Instituto de Protección contra la Radiación, en Canadá y la Protección contra Radiación y Agencia de Seguridad nuclear de Australia (ARPANSA) [19,20].

La tabla 7 agrupa los límites máximos recomendados para la exposición a campos magnéticos en el rango de baja frecuencia, tomando como referencia los resultados de los estudios, en cuyas magnitudes se espera no se induzcan corrientes en el organismo[22,23].

Recomendación	Nivel máximo permisible	
1992: ANSI/IEEE	Pocas horas 205 $\mu\text{T}$	
1993: MRPB	50 Hz: 1600 $\mu\text{T}$ 60 Hz: 1300 $\mu\text{T}$	
<b>1998:</b> <b>ICNIRP</b>	Público General	Ocupacional
	Todo el Día 100 $\mu\text{T}$	Todo un día de trabajo 500 $\mu\text{T}$
Alemania	<b>Pocas horas</b> <b>100 - 200 <math>\mu\text{T}</math></b>	
Australia	<b>Pocas horas</b> <b>100 <math>\mu\text{T}</math></b>	
Estados Unidos	<b>En subestaciones y líneas de 220 kV.</b> <b>15 - 20 <math>\mu\text{T}</math></b>	
Suiza	<b>Por líneas aéreas y subterráneas</b> <b>100 <math>\mu\text{T}</math></b>	
Unión Europea	<b>100 <math>\mu\text{T}</math></b>	

Tabla 7. Exposición máxima permisible a campos magnéticos de 60 Hz

## 6. PERCEPCIÓN SOCIAL [2,20,21,22]

Las investigaciones realizadas sobre los posibles efectos nocivos de los campos magnéticos han involucrado no sólo a los investigadores mismos sino a otros agentes de la sociedad, el público en general, los ingenieros, los científicos y expertos, las empresas y los medios de comunicación. Todos coinciden en que el tema de los campos magnéticos, además de un asunto científico, es un asunto político y social.

Las diferentes discusiones han permitido establecer estrategias sobre la gestión de problemas relacionados con la salud y el medio ambiente, tales como[3,21] :

- ☑ Reconocer la posibilidad de que puede existir un problema para la salud cuyo debate se lleva a cabo en el terreno científico.
- ☑ Tener en cuenta los diversos análisis independientes y multidisciplinarios, con conclusiones de calidad y con aspectos biológicos y de ingeniería.
- ☑ Buscar soluciones preventivas.

La comunicación al público es una parte primordial, algunas recomendaciones para llegar a las personas son[21]:

- ☑ La comunicación del riesgo debe ser un proceso bidireccional que respete por igual los datos científicos y la percepción del público.
- ☑ Tener en cuenta que los CEM no se manifiestan a los sentidos, no se puede oler, oír, ver o tocar, lo que hace que los posibles riesgos sean intangibles y no se perciban de forma clara y directa.
- ☑ Considerar que la difusión de información poco rigurosa, genera rechazo, miedo y desconfianza.
- ☑ Tener consideración de que los posibles riesgos derivados de una exposición voluntaria son más aceptables por los ciudadanos que las exposiciones involuntarias. Prueba de ello es la preocupación social por las líneas de alta tensión o por la instalación de antenas de telefonía móvil, mientras no se percibe la misma inquietud por el uso del teléfono móvil.
- ☑ Saber que el público no confía en las grandes compañías y que además conocen otras alternativas de solución, como por ejemplo el enterramiento de líneas sin considerar costos.

Por todo esto es necesario que las empresas estén dispuestas a entenderse con el público teniendo en cuenta:

- ☑ Disposición a escuchar.
- ☑ Responder rápidamente, aunque no se disponga en el momento de una respuesta completa.
- ☑ Evitar lenguaje científico.
- ☑ Entender la forma como la personas perciben el riesgo.
- ☑ Admitir los límites del conocimiento científico y de los propios conocimientos.
- ☑ Informar a las autoridades, expertos, trabajadores, para que el mensaje sea unificado y no contradictorio.
- ☑ Hacer un seguimiento del problema.
- ☑ Transmitir un mensaje concreto, no tratar de

compararlo con otros riesgos para menospreciarlo, sino ponerlo en perspectiva.

## 7. CONCLUSIONES

Los resultados hasta ahora obtenidos de diferentes estudios permiten decir que a corto plazo los campos magnéticos de frecuencia industrial:

- ☑ No alteran la estructura del material genético ni interfieren con su reparación,
- ☑ No modifican el ritmo de fabricación de proteínas y otros compuestos químicos (en especial los relacionados con el cáncer),
- ☑ No tienen efectos sobre el movimiento de iones como el calcio (de gran importancia en la respuesta celular),
- ☑ No modifican la respuesta celular normal a ciertas hormonas,
- ☑ No alteran el ritmo de crecimiento y división celular y
- ☑ No parece que alteren la comunicación entre células (que puede modular el control de crecimiento).

Los diseños experimentales tienen debilidad al comparar los estudios, debido a las diferencias en la selección de variables, lo que ha hecho difícil tener un número de resultados comparables que puedan dar una conclusión. Sin embargo la mayoría de las conclusiones coinciden en no apoyar la teoría de que los campos magnéticos a frecuencia industrial tienen un riesgo elevado de cáncer o estén involucrados en el proceso cancerígeno.

Los estudios epidemiológicos han tenido como principal dificultad la metodología de medición de los campos magnéticos, por lo que sus resultados han sido muy variables; a pesar de esto la mayoría de ellos no presentan un posible riesgo para la salud humana.

Sobre los estudios epidemiológicos se puede decir que la controversia subsiste actualmente, principalmente al hablar de cáncer en niños que viven cerca de instalaciones eléctricas. Sin

embargo es importante resaltar que en los estudios más recientes, que han incorporado formas más precisas de medir la exposición de los niños a campos magnéticos, no se ha validado la relación con la incidencia de cáncer.

Las diferentes organizaciones e instituciones han establecido niveles de seguridad, basadas en la literatura científica con la intención de ofrecer protección contra los posibles peligros de los campos magnéticos, principalmente los relacionados con los efectos térmicos, sin embargo, establecer los niveles de seguridad es difícil ya que en sí mismos los campos magnéticos, no son aún completamente entendidos.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Campos Electromagnéticos de Frecuencia Industrial (50 Hz). Ideas para comunicarse con los clientes. Grupo ad hoc de Campos Electromagnéticos de UNESA. 2000.
- [2] Wertheimer, N. & Leeper, E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiology*, 109,273-284. 1979
- [3] Assesment of Health Effects from Exposure to Power-Lines Frequency Electric and Magnetic Fields. NIEHS Working Group Report, National Institute of Enviromental Health Sciences of the National Institutes of Health. August 1998.
- [4] Cinco años de Investigación sobre los Efectos Biológicos de los Campos Electromagnéticos de Frecuencia Industria en los Seres Vivos. Resultados de la colaboración científica entre la Universidad de Valladolid, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Unesa y Red Eléctrica de España. durante los años 1995 2000.
- [5] Aponte G., Cadavid H., Bolaños H, Mora A., Perez, R., Medición y modelamiento de campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia en líneas y subestaciones. Simposio Internacional sobre Calidad de Energía Eléctrica SICEL´2001. Colombia, 2001

- [6] Aponte G.; Cadavid H.; Escobar A.; Bolaños H., Mora A., Perez, R., Electric and magnetic fields measured in Colombian lines and substations. The 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility. Estambul, Turquía, 2003.
- [7] Barnes, F., Wachtel, H., Savitz, D. Fuller, J. Use of wiring configuration and wiring codes for estimating extrematernally generated electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 10, 13-21. 1989.
- [8] Zaffanella, L. Survey of residential magnetic field source V1:Goalds, results and conclusions. Volume: 2 Protocol, data analysis, and management. EPRI, Palo Alto, C.A, Final Report, September, Report Nos.TR-102759-V1 and TR-102759-V2.,224-248. 1993
- [9] Hoar, S.K., Morrison, a.S., Cole, p. & Silverman, D.T. An occupational and exposure linkage system for the study of occupational carcinogenesis. *Journal of Occupational Medicine*, 22, 722-726. 1980.
- [10] Bowman, J.D., Garabrant, D.H., Sobel, E. & Peters, J.M. Exposure to extremely low frequency (ELF) electromagnetic fields in occupation with elevated leukemia rates. *Applied Industrial Hygiene*, Submitted. 1988.
- [11] Ahlbom, A., Feychting, M. & Koskenvuo, M. Electromagnetic fields and childhood cancer (letter). *Lancet*, 342, 1295-1296. 1993.
- [12] Miller, M.A A., Murphy, J.T., Miller, T.I & Ruttenber, A.J. Variation in cancer risk estimates for exposure to power line frequency electromagnetic fields: a meta-analysis comparing EMF measurement method. *Risk Analysis*, 15, 281-287. 1995.
- [13] Meinert, R. & Michaelis, J. Meta-análisis of studies on the association between electromagnetic fields and childhood cancer. *Radiation and environmental. Biophysics*, 35, 11-18. 1996.
- [14] Kirschvink, J.L Kobayashi-Kirschvick, A Woodford, B.J. Magnetite biomineralization in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Science*, 89, 7683-7987. 1993.
- [15] Bell, g.B., Marino, A.A. C, A.L. Alternations in brain electrical activity caused by magnetic fields: detecting the detection process. *Electroencephalogram. Clin. Neurophysiol*, 83, 389-397. 1992.
- [16] NTP. Toxicology and carcinogenesis of 60 Hz magnetic fields in F344/N rats and B6C3F1 mice (whole body exposure studies).U.S. Department of Health and Human Service, Public Health Service, National Institute of Health, National Institute of Environmental Health Sciences, National Toxicology Program: Research Triangle Park, NC. 1998
- [17] McLean, J., Thasandote,A, Lecuyer, D., Goddard, M., Tryphonas, L., Scaino,J.C. A 60 Hz magnetic fields increases the incidence of squamous cell carcinomas in mice previously exposed to chemical carcinogenesis. 92,121-125. 1995.
- [18] Rannug, A., Holmberg, B. & Mild, K.H. A rat liver foci promotion study whit 50 Hz magnetic fields. *Environmental Research*, 62,223-229. 1993.
- [19] Babbit, J.T., Kharazi, A.I., Taylor, J.M.G., Rafferty, C.M., Kovatch, R., Bonds, V.B, Milerll, S.G., Frumkin, E., Dietrich, F., Zhuang, D & Hahn, T.J.M. Leukemia/limphoma in mice expoced to 60 Hz agnetic fields: Result of the chronic exposure study. EPRI: Los Angeles. 1998
- [20] Vargas,F., Úbeda,A. Informe Técnico elaborado por el Comité de Expertos. Campos Electromagnéticos y Salud Pública. España. 1999
- [21] Establishing a dialogue on Risks from Electromagnetic fields. *Radiation and Environmental Health*, Department of Protection of the Human Environment, World Health Organization, Geneva, Switzerland. 2002.
- [22] Riadh, W.Y., Electromagnetics the uncertain health risk. *IEEE Transaction Biomedical Engineering*, February/march 2003.
- [22] R.W.Y. Habash. *Electromagnetics fields and radiation: Human Bioeffects and Safety*. Marcel Dekker New York , NY 2001
- [23] IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic

Fields, 03 kHz, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA, 23 October 2002.

- [24] Proceedings of the 1991 IEEE Symposium on Security and Privacy, Oakland, California, USA, May 1991. IEEE Computer Society Press, 1991

#### **Páginas web**

[<http://www.mcw.edu/gcrc/cop/lineas-electricas-cancer-FAQ/toc.html>]

[<http://www.who.int/peh-emf>]

[<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid>]

[<http://www.cdc.gov/niosh/emf2.html>]

[<http://www.icnirp.de>]

[<http://www.iarc.fr>]

[[http://www.brooks.af.mil/AFRL/HED/hedr/reports/rfemf\\_cancer/can-cont.htm](http://www.brooks.af.mil/AFRL/HED/hedr/reports/rfemf_cancer/can-cont.htm)]