

## ESTADO DEL ARTE PROYECTO ONDAS ELECTROMAGNETICAS

### State of the art Draft electromagnetic waves

Hernández, Luis Jorge<sup>1</sup>; Quiroga V, Fernando<sup>2</sup>; Medina, Katalina<sup>1</sup>; Guerrero S, Lina Marcela<sup>2</sup>.  
1. Secretaría Distrital de Salud.  
2. Hospital Fontibón ESE. 2008

#### RESUMEN

La Secretaría Distrital de Salud a través del Hospital Fontibón ha planteado un proyecto encaminado al diseño de un estudio epidemiológico de los posibles efectos en la salud por exposición continua a campos electromagnéticos generados por bases de telefonía móvil (antenas). Dentro del cual se planteó como objetivo específico realizar el estado del arte para el diseño del citado estudio epidemiológico. **Metodología:** para la construcción del documento del estado del arte se consultaron algunas bases de datos dentro de las cuales están Bireme, Medline, Pubmed, Sciencedirect y The Cochrane, donde se encontraron 825 artículos, de los cuales se seleccionaron 51 para la revisión; adicional se emplearon para la búsqueda, referencias en libros, revistas e Internet por medio del buscador Google, sobre experiencias a nivel nacional e internacional en este tema, encontrando 226 artículos, de los cuales se seleccionaron 56 para su revisión, teniendo en cuenta los criterios de efectos en salud por teléfonos móviles. **Conclusiones:** Los campos electromagnéticos pueden ser un determinante de las afectaciones de la salud, por lo cual es necesario continuar con las investigaciones de los campos de baja frecuencia, dado que su impacto en una exposición a muy largo plazo aun es desconocida y podría llevar a un deterioro en el estado de salud y bienestar de la población.

**Palabras clave:** Radiación, salud pública, Radiación no ionizante, Contaminación electromagnética (Fuente: DeCS BIREME)

#### ABSTRACT

The district Health Department, through the Hospital Fontibón, has propounded a Project routed to design an epidemiological study about possible health effects caused by continuous exposure to electromagnetic fields generated by mobile phone bases (antennas/aerials) in which it was set as specific objective to carry into effect the state of the art for the design of the quoted epidemiological study. **Methodology:** to construct the document of the state of the art, some data bases were consulted within which are Bireme, Medline, Pubmed and the Cochrane Sciencedirect where 825 articles were found of which 51 were selected to be reviewed. Additionally, books, magazines and google scholar internet references about national and international experiences related to this subject were consulted as well finding 226 articles of which 56 were chosen to be reviewed taking into account mobile phone health effects criteria. **Conclusion:** Electromagnetic fields can be a determinant factor to health affectation, therefore it is necessary to continue with the low frequency fields researchs since that its impact in a long term exposure is yet unknown and might conduce to a deterioration of health and welfare of the population.

**Key Word:** Radiation, public health, Radiation Nonionizing, Electromagnetic Pollution. (Source: DeCS BIREME)

## INTRODUCCIÓN

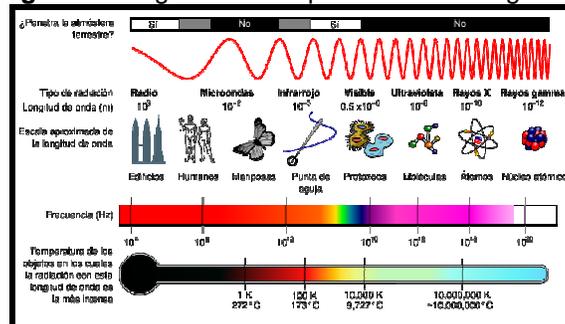
La electropolución o contaminación electromagnética, es causada por las radiaciones del espectro electromagnético generada por equipos electrónicos u otros elementos que generan, transmiten y distribuyen energía eléctrica. Hoy en día, todas las poblaciones del mundo están expuestas a campos electromagnéticos (CEM) en mayor o menor grado y conforme avanza la tecnología el grado de exposición continúa creciendo. [1] A medida que se han venido desarrollando la tecnología y las telecomunicaciones, se ha generado el interés a nivel mundial por estudiar los efectos perjudiciales que las ondas electromagnéticas provenientes de los equipos electrónicos podrían causar en la salud y el ambiente.

Es por esto que la Secretaría Distrital de Salud a través del Hospital Fontibón ha planteado el proyecto encaminado al diseño de un estudio epidemiológico de los posibles efectos en la salud por exposición continua a campos electromagnéticos generados por bases de telefonía móvil (antenas), el proyecto se ha desarrollado por etapas, iniciando con la construcción de una línea de base en la cual presenta la consulta de la literatura e información existente de las investigaciones realizadas acerca de las posibles afectaciones que las ondas electromagnéticas causan en la salud y el ambiente, los conceptos básicos a tener en cuenta dentro del desarrollo del proyecto así como el marco normativo a nivel nacional e internacional.

## 1. FUNDAMENTOS TEORICOS

**Campos electromagnéticos:** Los campos electromagnéticos son una combinación de ondas eléctricas (E) y magnéticas (H) que se desplazan simultáneamente. Se propagan a la velocidad de la luz y están caracterizados por una frecuencia y una longitud de onda. La frecuencia es, simplemente, el número de oscilaciones de la onda por unidad de tiempo, medido en múltiplos de un hertzio (1 Hz = 1 ciclo por segundo) y la longitud de onda es la distancia recorrida por la onda en una oscilación (o ciclo). [2] (Ver figura 1).

Figura 1. Diagrama del espectro electromagnético



**Fuente.** Colaboradores de Wikipedia. *Espectro electromagnético* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2004. Diagrama del espectro electromagnético, mostrando el tipo, longitud de onda con ejemplos, frecuencia y temperatura de emisión de cuerpo negro. Disponible en [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Espectro\\_electromagnetico&oldid=894365](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Espectro_electromagnetico&oldid=894365)



**Radiaciones No Ionizantes:** Las radiaciones no ionizantes se extienden desde los 0 Hertzios (Hz) hasta el ultravioleta. No son capaces de arrancar electrones, ni de romper enlaces químicos. Se pueden clasificar en dos grandes grupos los campos electromagnéticos (utilizadas por las emisoras de radio y las microondas utilizadas en electrodomésticos y en el área de las telecomunicaciones) y las radiaciones ópticas (dentro de las radiaciones ópticas se encuentran los rayos láser y la radiación solar como son los rayos infrarrojos, la luz visible y la radiación ultravioleta)

**Radiaciones Ionizantes:** Dentro del espectro electromagnético se encuentran en la parte izquierda, son capaces de provocar cambios físico-químicos, en los tejidos de los seres vivos, de mayor entidad e impacto que las radiaciones de la zona derecha del espectro. Cuando un átomo queda con un exceso de carga eléctrica, ya sea positiva o negativa, se dice que se ha convertido en un ión (positivo o negativo). Entonces son radiaciones ionizantes los rayos X, las radiaciones alfa, beta y gamma. [3]

• **Efectos biológicos de la radiación no ionizante.** Los efectos biológicos producidos por las ondas electromagnéticas en los seres vivos dependen, en la mayoría de los casos, de la cantidad de energía absorbida por el organismo. Esta cantidad de energía, que dependerá de las características eléctricas y geométricas del sujeto en relación con la frecuencia incidente, se degradará, en última instancia, en forma de calor en el interior del sujeto. Clasificando así los efectos biológicos de la radiación entre dos tipos: efectos térmicos y efectos no térmicos.

**Efectos Térmicos.** Los fotones de energía absorbidos no tienen suficiente poder energético para ionizar las moléculas, pero sí son capaces de transformarse en energía rotacional, aumentando la energía cinética molecular produciendo calentamiento. En el cuerpo humano este incremento de la temperatura corporal se distribuye irregularmente dependiendo de su mayor o menor comportamiento como dieléctrico o conductor. Como consecuencia se establecen gradientes térmicos en el interior del organismo. No se puede predecir el efecto que esta absorción de energía provoca en la salud, si no se tiene en cuenta la acción de todos los mecanismos termorreguladores del cuerpo humano, los ciclos de irradiación a los que está sometido y la capacidad de disipación con el entorno.

**Efectos No Térmicos.** Los resultados de las investigaciones realizadas, tratan de explicar efectos mediante distintos mecanismos, que se resumen en los siguientes grupos:

- Interacciones a nivel molecular, celular o tisular.
- Interferencias directas con procesos bioeléctricos, en órganos que muestren una actividad eléctrica especialmente modulada (alteraciones registradas en electroencefalogramas y en electromiogramas).
- Alteraciones en la transmisión genética.
- Alteraciones en el comportamiento.

La acción del microondas y radiofrecuencias sobre los seres humanos pueden afectar tanto a órganos como a sistemas orgánicos y producir alteraciones funcionales o estructurales, no obstante, cuando los efectos biológicos de la radiación permanezcan

dentro de la escala de compensación normal del propio organismo, no serán necesariamente perjudiciales para la salud.[4].

## Antenas de telefonía móvil

Las Antenas son las partes de los sistemas de telecomunicación específicamente diseñadas para radiar o recibir ondas electromagnéticas. Se definen como los dispositivos que adaptan las ondas guiadas, que se transmiten por conductores o guías, a las ondas que se propagan en el espacio libre. Los sistemas de Comunicaciones utilizan antenas para realizar enlaces punto a punto, difundir señales de televisión o radio, o bien transmitir o recibir señales en equipos portátiles. [5]

Para que una antena genere un campo electromagnético, se necesita que existan cargas eléctricas en movimiento. En el caso de los conductores paralelos, estas cargas son electrones que se mueven merced al impulso eléctrico de un generador (transmisor). [6]

## 2. Marco Normativo

En el Octavo Congreso Internacional de la IRPA (Montreal, Mayo 18-22, 1992), fue establecida una nueva organización científica independiente La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes, que tiene como funciones investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI, y tratar todos los aspectos sobre protección contra las RNI contra efectos adversos a la salud conocidos. Surgió entonces, la Recomendación ICNIRP: Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 Ghz). [7]. El siguiente cuadro resume los límites de exposición recomendados correspondientes a los tipos de tecnologías que han causado preocupación en la sociedad: la electricidad en el hogar, las estaciones base de telefonía móvil y los hornos de microondas. La última actualización de estas directrices se realizó en abril de 1998. [8]

**Tabla 1.** Límites de exposición recomendados por la ICNIRP.

	Frecuencia de la red eléctrica Europea	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil		Frecuencia de los hornos de microondas	
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético ( $\mu$ T)	Densidad de potencia ( $W/m^2$ )	Densidad de potencia ( $W/m^2$ )	Densidad de potencia ( $W/m^2$ )
Límites de exposición para la población	5 000	100	4,5	9	10
Límites de exposición ocupacionales	10 000	500	22,5	45	-

**Fuente.** Que son los campos electromagnéticos: Normas actuales. Noviembre 1996. Publicado en: <http://www.who.int/peh-emf/about/WatiseMF/es/index4.html>. ICNIRP, CEM

Los límites de exposición recomendados de algunos países de la antigua Unión Soviética y los de países occidentales pueden llegar a diferenciarse. Con la mundialización del comercio y la rápida penetración de las telecomunicaciones en todo el mundo, ha surgido la necesidad de disponer de normas universales. Ahora que muchos países de la ex Unión Soviética están planteándose adoptar normas nuevas, la OMS ha puesto en marcha recientemente una iniciativa para armonizar las directrices sobre exposición a las radiaciones en todo el mundo. Las normas futuras se basarán en los resultados del Proyecto Internacional sobre campos electromagnéticos de la OMS. [8]

Los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos no ionizantes han sido estudiados y establecidos internacionalmente con el fin de fijar criterios comunes para todos los países. En julio de 1999 el Consejo de la Unión Europea publicó una recomendación para limitar la exposición del público en general a campos electromagnéticos (de 0 Hz a 300 GHz) [9]. Esta recomendación se basa en gran medida en la guía de la ICNIRP y uno de sus objetivos es homogeneizar la normativa sobre campos electromagnéticos de cada uno de los países de la Unión Europea. Adicional a lo anterior, la normatividad emitida por los diferentes países a nivel mundial para los límites máximos de frecuencias de los campos electromagnéticos, se establece a partir de los niveles máximos permitidos para las emisiones de campos electromagnéticos instaurados por la CNIRP.

En Estados Unidos: “la FCC (Federal Communications Commission), ha adoptado en las recomendaciones sobre los límites de exposición a intensidad de campos, densidad de potencia para transmisores y la tasa de absorción de energía (SAR), para equipos de comunicaciones que operen en el intervalo de frecuencias desde los 3 kHz a los 300 GHz dados por la ANSI (American National Standards Institute) y la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Los límites de la SAR para equipos terminales son efectivos desde agosto de 1996”. [10][11].

En América Latina las autoridades de la mayoría de los países han adoptado normas específicas que regulan tanto el nivel de CEM permitidos, como el despliegue de infraestructuras, disposiciones que afectan a diversos aspectos que resultan concurrentes con el puramente tecnológico, como es el urbanístico, el medioambiental y el sanitario; estas normas han sido establecidas bajo los principios constituidos de los valores límites determinados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones –UIT- y por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante –ICNIRP. Países como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Perú, Puerto Rico, Colombia, Honduras, México, Nicaragua, República Dominicana y Venezuela disponen de normativa, mientras otros seis se encuentran en diversas fases previas a su adopción como son Cuba, El Salvador, Guatemala, Panamá, Paraguay y Uruguay. Dentro de los países de América Latina, Chile es uno de los que considera exclusivamente la telefonía móvil dentro de su norma, mientras el resto de países incluyen todos los servicios y sistemas radioeléctricos. En Colombia el Ministerio de Comunicaciones, la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones y la Universidad Javeriana realizaron un estudio acerca de los “Límites de exposición humana a campos electromagnéticos” con el fin de presentar los conceptos más importantes como las regulaciones internacionales y recomendaciones sobre radiación electromagnética producida por antenas de telecomunicaciones. Dicho

estudio presenta los conceptos más importantes como las regulaciones internacionales y recomendaciones sobre radiación electromagnética producida por antenas de telecomunicaciones; de la misma forma recomiendan el estándar que se podría adoptar en Colombia para la protección de la salud humana y el medio ambiente en general. Este estudio se tomó como una de las bases para establecer el decreto 195 en el año 2005, además de las referencias tomadas de los niveles de exposición a campos electromagnéticos sugeridos por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación Ionizante, ente asesor de la Organización Mundial de la Salud, la Unión Internacional de Telecomunicaciones y la Unión Europea.

El decreto 195 de 2005 adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecúan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones; en este documento se aclara en el Parágrafo del Título 1, Artículo 2, que las disposiciones del decreto no aplican para los emisores no intencionales, las antenas receptoras de radiofrecuencia, fuentes inherentemente conformes y los equipos o dispositivos radioeléctricos terminales de usuario. Posterior a esto el Ministerio de Comunicaciones generó la resolución 001645 de 2005 que reglamentó el decreto en mención y en su artículo 3, definió las fuentes inherentemente conformes como los emisores que emplean los siguientes sistemas y servicios, por cuanto sus campos electromagnéticos emitidos cumplen con los límites de exposición pertinentes y no son necesarias precauciones particulares: telefonía celular, servicios de comunicación personal, sistemas de radiomensajes beeper, entre otros. [13, 14].

Por esta razón las mediciones de campos electromagnéticos y las demás disposiciones del decreto 195, no aplican para las estaciones de telefonía móvil. Adicional a lo anterior el 6 de marzo de 2007 el Ministerio de Comunicaciones expide la circular 270 de 2007, con el objeto de aclarar las inquietudes presentadas por el sector de las telecomunicaciones y especialmente de la comunidad en general, respecto de la instalación de estaciones radioeléctricas de telecomunicaciones; la circular menciona la nota descriptiva N° 304 emitida por la Organización Mundial de la Salud la cual ha indicado que teniendo en cuenta los muy bajos niveles de exposición y los resultados de diferentes investigaciones, no hay ninguna prueba científica convincente de que las débiles señales de RF (Gama de frecuencias del espectro radioeléctrico), procedente de las estaciones base y de tecnologías inalámbricas, tengan efectos adversos en la salud. Así mismo, que algunos de los resultados confirman que las antenas de telefonía móvil están entre 500 y 4000 veces por debajo de los valores límites establecidos internacionalmente (UIT - ICNIRP), mencionando además los límites establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante; en esta circular se explican cuales son las fuentes inherentemente conformes y el numeral nueve (9) expone específicamente que “dichos servicios no deben presentar declaración de conformidad de emisión radioeléctrica, además no tienen restricción alguna para instalar sus estaciones base cerca o dentro de lugares de acceso público tales como centros educativos, centros geriátricos, centros de servicio médico y zonas residenciales y no tiene obligación de tomar mediciones de radiación por estar instalados cerca o dentro de dichos sitios, conforme la normatividad nacional y las recomendaciones internacionales”. [15]

### 3. ONDAS ELECTROMAGNETICAS Y SU IMPACTO EN LA SALUD

#### 3.1 Generalidades

La OMS en la publicación de internet, hace referencia a que la exposición a campos electromagnéticos no es un fenómeno nuevo y que en el siglo XX la exposición ambiental ha aumentado de forma continua conforme a la creciente demanda de electricidad, el constante avance de las tecnologías y los cambios en los hábitos sociales, que han generado aumento de fuentes artificiales de campos electromagnéticos. También afirma que todos estamos expuestos a una combinación compleja de campos eléctricos y magnéticos débiles, tanto en el hogar como en los sitios de trabajo, desde los que producen la generación y transmisión de electricidad, los electrodomésticos y los equipos industriales, a los producidos por las telecomunicaciones y la difusión de radio y televisión. [2]

Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan la distribución de las cargas eléctricas en la superficie, provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo. También inducen corrientes circulantes en el organismo, la intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos. [18].

El principal efecto biológico de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento, sin embargo los niveles de campos de radiofrecuencia a los que normalmente están expuestas las personas son mucho menores que los necesarios para producir un calentamiento significativo.

Según la OMS, en sus publicaciones hasta la fecha, menciona que no se han confirmado efectos adversos para la salud debida a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad de frecuencia de radio o de frecuencia de red, pero aclara que los científicos continúan investigando activamente en este tema. [19]

#### 3.2 Efectos en la salud

La nota descriptiva 304 de 2006, emitida por la OMS, hace referencia a las estaciones de base y tecnologías inalámbricas y señala que según estudios recientes, la exposición a Radiofrecuencias (RF) de estaciones de base oscila entre el 0,002% y el 2% de los niveles establecidos en las directrices internacionales sobre los límites de exposición, en función de una serie de factores, como la proximidad de las antenas y su entorno. Esos valores son inferiores o comparables a la exposición a las RF de los transmisores de radio o de televisión.

Adicional a esto en un subcapítulo denominado “Precauciones Sanitarias” menciona que los niveles de exposición a RF de las estaciones de base y las redes inalámbricas son tan bajos que los aumentos de temperatura son insignificantes y no afectan a la salud de las personas. Una serie de estudios recientes ha puesto de manifiesto que la exposición a RF de las estaciones de base y tecnologías inalámbricas en lugares de acceso público (incluidos hospitales y centros educativos), suele ser miles de veces inferior a los límites establecidos por las normas internacionales.

En este mismo subcapítulo la OMS menciona que: “Se pueden obtener pruebas científicas sobre la distribución de los casos de cáncer entre la población mediante estudios epidemiológicos bien planificados y ejecutados. En los últimos 15 años se han publicado estudios en los que se examinaba la posible relación entre los transmisores de RF y el cáncer. En esos estudios no se han encontrado pruebas de que la exposición a RF de los transmisores aumente el riesgo de cáncer. Del mismo modo, los estudios a largo plazo en animales tampoco han detectado un aumento del riesgo de cáncer por exposición a campos de RF, incluso en niveles muy superiores a los que producen las estaciones de base y las redes inalámbricas”.

### 3.3. Niveles de exposición típicos en el medio ambiente

**Teléfonos móviles y estaciones base.** Las estaciones base de telefonía móvil normalmente se instalan en lo alto de edificios o en torres, a alturas de entre 15 y 50 metros. Los niveles de las transmisiones desde una determinada estación base son variables y dependen del número de llamadas y de la distancia a la estación base de quienes emiten las llamadas. Las antenas emiten un haz muy estrecho de ondas de radio que se propaga de forma casi paralela al suelo. En consecuencia, al nivel del suelo y en regiones que normalmente son de acceso público las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados peligrosos. Sólo se superarían los niveles recomendados si una persona se acercara a menos de un metro o dos de las antenas

## 4. EXPERIENCIAS EN INVESTIGACION

La preocupación por el efecto que pueden causar los Campos Electromagnéticos (CEM) a nivel mundial no es nuevo, cada vez más los investigadores y el mismo estado vienen tomando este tema como uno de los más relevantes, dado que aun no hay un conocimiento exacto con pruebas fiables de los efectos reales en la salud.

Recientemente han proliferado notablemente tanto el número como la diversidad de fuentes de campos electromagnéticos que se usan en el hogar, la industria y el comercio. Estas fuentes, como la televisión, las computadoras, el radar, estaciones de telefonía móvil y los innumerables y complejos equipos que se usan en la medicina y otros campos, han enriquecido y mejorado nuestro estilo de vida. Sin embargo, algunos estudios científicos parecen indicar que la exposición ambiental a ondas radioeléctricas puede aumentar el riesgo de cáncer, reduce la fecundidad, produce pérdida de la memoria y afecta adversamente al comportamiento y el desarrollo de los niños. [20]

A continuación se presenta un conjunto de revisiones de la literatura, dado que desde 1988 se inició una serie de revisiones que desde los años anteriores los investigadores ya habían publicado.

En 1988, los Doctores M. Coleman y V. Beral, publican una revisión titulada “Una revisión de estudios epidemiológicos de los efectos en la salud, por vivir cerca o surtir efecto con equipos de generación eléctrica y de transmisión”. Esta es una revisión de estudios residenciales y laborales, incluyendo un meta análisis que muestra un pequeño exceso de incidencia de leucemia en las personas expuestas a trabajos eléctricos, sin embargo no establece una asociación contundente y definitiva. [21]

El Dr. R. Doll y col. en 1992 realizaron una publicación denominada: “Ondas Electromagnéticas y el Riesgo de Cáncer”, la cual consistió en una revisión de estudios de frecuencias extremadamente bajas y radiofrecuencias que incluye un meta análisis de los datos de cáncer infantil. Para la leucemia, el análisis muestra una incidencia mayor con el código de cables, pero no con la distancia a los cables o con campos medidos. Para tumores cerebrales infantiles, el análisis muestra una mayor incidencia con el código de cables y distancia, pero no con campos medidos. Para la tasa global de cáncer infantil, el análisis muestra una incidencia elevada con el código de cables y campos medidos, pero no con la distancia, sin embargo los estudios presentan sesgos en la selección de los casos y/o en los niveles de exposición medidos. Como tal la revisión no es concluyente, sin embargo plantea una línea de base en el aumento de los casos por exposición a estas fuentes. [7]

En 1995 se publicó en The Lancet una revisión llamada Ondas Electromagnéticas y cáncer en niños, por el Dr. Ahlbom y col. donde se realizó un análisis conjunto de los estudios de cáncer infantil escandinavos indicando en sus resultados que si se utiliza el campo histórico calculado, se observa un pequeño incremento en la incidencia de leucemia, pero no un incremento estadísticamente significativo en la incidencia de cáncer del sistema nervioso central, linfoma o en la tasa global de cáncer. Esta conclusión fue producto de una revisión sistemática de la literatura. [22]

En el año 2000 se realizó una publicación denominada “Una puesta en común, análisis de campos magnéticos y leucemia en la infancia, (Leukaemia Brit J Cáncer 83:692-698, 2000.) por los Drs. A. Ahlbom, N. Day y col. Donde realizan un análisis combinado basado en los datos individuales de nueve estudios previos, limitado a aquellos con medidas de campo magnético durante 24/48 horas o con cálculos de campo magnético. Para niveles de exposición residencial a campo magnético estimados inferiores a 0,4 microT los autores refieren una estimación de riesgo cercano al nivel de no efecto. Para 44 niños con leucemia y 62 controles cuya exposición residencial a campo magnético estimada es superior a 0,4 microteslas el riesgo de leucemia se duplicaba y el efecto parece ser estadísticamente significativo. Para los americanos cuyos domicilios estaban en la categoría más alta del código de cables no se observó un aumento significativo de la incidencia de leucemia. Según los autores, “el 99,2% de los niños que viven en casas con niveles de exposición inferiores a 0,4 microT no tenían un aumento de riesgo, mientras que el 0,8% de los niños con exposiciones superiores a 0,4 microT tenían una estimación

del riesgo relativo de aproximadamente 2, que es poco probable que se deba una variabilidad al azar. La explicación para este aumento de riesgo no se conoce, pero se puede aducir a sesgos de selección que pueden explicar parte de este aumento." (C54) pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. [23]

En respuesta a la preocupación pública por los efectos sobre la salud de la exposición a CEM, la Organización Mundial de la Salud (OMS) creó en 1996 el "Proyecto Internacional CEM", para evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos sobre la salud de los CEM en el intervalo de frecuencia de 0 a 300 GHz. "El proyecto es totalmente financiado por los países y las agencias que participan". [24]

Por tal razón es necesario realizar una verificación de los métodos empleados en los estudios que permitan hacer la valoración de los sesgos, es importante determinar en qué medida un conjunto de evidencias cambia la probabilidad de que la exposición dé lugar a un resultado. La evidencia de un efecto generalmente es reforzada si los resultados de distintos tipos de estudios (epidemiología y laboratorio) apuntan a la misma conclusión, o cuando estudios múltiples del mismo tipo generan el mismo resultado. [25].

#### **4.1. Revisiones sobre exposición a campos electromagnéticos (CEM) generados por telefonía celular (antenas y teléfonos móviles)**

En los últimos años se han realizado un número importante de estudios de caso-control y un número más limitado de estudios de cohorte en relación con la incidencia de diversas neoplasias en usuarios de telefonía celular; a continuación se presentan algunas revisiones de la literatura y meta análisis elaborados por investigadores a nivel mundial.

Es necesario tener en cuenta que en la mayoría de los trabajos, la evaluación de la exposición ha sido poco precisa y el tiempo de seguimiento breve, considerando la biología de los tumores humanos. Sobre lo primero, la exposición se ha determinado, por ejemplo, mediante encuesta histórica (antecedentes de exposición), duración de la suscripción y registro de facturas [26]. Sólo recientemente se ha validado una evaluación de la correlación entre el uso informado por los usuarios y la potencia total acumulada por las llamadas efectivamente realizadas; aún así, el coeficiente de regresión, aunque significativo, es sólo de aproximadamente 0.5 [27]. Kundi y colaboradores han realizado una crítica exhaustiva sobre los defectos de diseño e interpretación de los estudios publicados hasta 2003 [28], en el estudio concluye que los sesgos que tienen los estudios, en cuanto a la evaluación de la exposición a antenas o teléfonos móviles y el tiempo de seguimiento no permiten hacer inferencias de los efectos que puedan causar las ondas de baja frecuencia en la salud.

Lahkola y colaboradores publicaron en el año 2006 un meta análisis de los estudios publicados hasta diciembre de 2005 sobre la relación entre telefonía celular y tumores intracraneales, que incluyó 2780 casos [29]. En los resultados presentan que el OR del conjunto de tumores fue de 0.98, con un intervalo de confianza de 95% de 0.83 a 1.16. Las estimaciones de riesgo se basaron en casos con uso de teléfono celular y exposición a antenas de telefonía móvil, por más de 5 años. En los resultados y discusión mencionan

que no se halló riesgo elevado para ningún tipo de tumor endocraneano, como glioma, meningioma o neuroma acústico.

En el 2004 en Suiza se llevó a cabo una encuesta sobre síntomas que atribuían a la exposición a campos electromagnéticos; de 429 personas que respondieron, 394 (92%) informaron un promedio de 2.7 síntomas. Los más frecuentes fueron trastornos del sueño, cefaleas, nerviosismo, fatiga y dificultad para concentrarse. En cuanto a las fuentes, 74% atribuyó los síntomas a estaciones base de telefonía móvil, 36% a los propios teléfonos móviles, 29% a teléfonos inalámbricos y 19% a líneas de energía eléctrica [30]. Otra encuesta en Turquía obtuvo respuesta de 502 varones (78% usuarios de telefonía móvil) y 193 mujeres (81% usuarias). Entre varios síntomas explorados hallaron en los usuarios mayor proporción de cefalea, irritabilidad, disminución de la memoria, descuido y disminución de reflejos principalmente. [31].

El francés Roger Santini realizó un estudio denominado “Reportes de síntomas por usuarios de teléfonos celulares móviles”, por medio de la aplicación de un cuestionario a 78 usuarios y 83 no usuarios de teléfonos móviles celulares digitales GSM y DCS. Los resultados se analizaron por medio de un test no paramétrico que se denominó Chi-Carre. No se evidenció la diferencia significativa entre los usuarios y no usuarios de celulares por síntomas generales (dolor de cabeza, dificultad de concentración, pérdida de la memoria, fatiga y perturbación del sueño). [32]

En la revista Alemana “Umwelt-medizin-gesellschaft”, se publicó un artículo acerca de la influencia de la cercanía de una antena de telefonía móvil sobre la incidencia del cáncer, el cual partió en principio por la iniciativa de la Agencia Federal para la protección contra las radiaciones de Alemania, con el objetivo de examinar si aquellas personas que vivían en un entorno alrededor de instalaciones de antenas de telefonía móvil, tenían un riesgo mayor de enfermar por tumores malignos. El estudio se realizó bajo la metodología de casos y controles, tomando aproximadamente 1000 registros entre los años 1994 y 2004.

El resultado del estudio muestra que la probabilidad que aparecieran nuevos casos de cáncer era significativamente mayor en los pacientes que habían estado viviendo durante los últimos 10 años en sitios ubicados a una distancia menor de 400 metros de antenas de telefonía móvil, las cuales habían estado operando a partir de 1993, en comparación con otros pacientes que habían vivido más alejados (distancias mayores a 400 mts). Además los casos (residentes en sitios menores a 400 mts de cercanía a las antenas), enfermaban a una edad promedio de 8 años más joven, en comparación de los controles.

En los resultados se incluyen tumores malignos para órganos como ovario, mama, próstata, páncreas, intestino, piel, pulmón, riñón, estómago, entre otros, donde los autores expresan que hubo hasta 3 veces más la presencia de un tumor en las personas que vivieron en cercanía de las antenas de telefonía móvil. Aunque el estudio no presenta los criterios de inclusión y exclusión definidos para cada uno de estos tumores, es necesario tener en cuenta que pudo existir algún tipo de sesgo en la selección de los casos, dadas las variables de confusión que pueden presentarse en patologías multicausales como los tumores malignos.[33]

Finalmente los campos de frecuencia pueden ser un determinante de las afectaciones de la salud, por lo cual es necesario continuar con las investigaciones de los campos de baja frecuencia, dado que su impacto en una exposición a muy largo plazo aun es desconocida y podría llevar a un deterioro en el estado de salud y bienestar de la población.

## 5. MONITOREO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

En los últimos años se han realizado diversos trabajos con el fin de determinar y cuantificar los campos electromagnéticos de las diferentes fuentes generadoras, dándose a conocer el desarrollo de un gran número de protocolos de medición, que usan como línea de base principal el protocolo estándar del Instituto de Ingeniería de Electricidad y Electrónica de los Estados Unidos (IEEE), aclarando que éste fue diseñado para caracterizar los campos magnéticos y eléctricos cerca a las líneas de potencia.

Con el fin de regular la exposición máxima permitida a las radiaciones no ionizantes, cada una de las entidades competentes en los diferentes países establece metodologías de medición que permiten determinar correctamente los valores de los campos electromagnéticos así como su densidad de potencia. En la medición del campo electromagnético se deben tener en cuenta algunos factores importantes como las características del sitio, distancia a la fuente de radiación, las variables a medir, las unidades de medida, el tipo de medición; además, se debe estar familiarizado con las normas relacionadas con este tipo de mediciones. Igualmente se deben conocer los límites de exposición permitidos, contar con los instrumentos de medición requeridos y conocer el patrón de radiación de la fuente. [16]

En los centros urbanos pueden emplearse campos electromagnéticos (CEM) de distintas frecuencias, pertenecientes a distintos servicios, por lo que es posible que en un punto dado se sienta de manera simultánea el efecto de más de una fuente. Por lo general, los puntos de medición en los centros urbanos no suelen ser zonas abiertas en las que los CEM se reciben de forma directa, sino puntos donde el CEM resultante se construye mediante la suma vectorial de los múltiples efectos que provocan los obstáculos circundantes. Ya sea en lugares cerrados - como un hospital, un colegio o una vivienda - o en zonas de tránsito - como una calle de la ciudad o un parque -, el punto de medición se ve afectado por diversos CEM provenientes de distintas fuentes conocidas previamente o no. La medición del valor individual de los campos eléctricos y magnéticos o de la densidad de potencia asociada con el CEM se puede realizar mediante la integración por banda ancha o por banda angosta. [17]

En Colombia las empresas prestadoras de servicios de mediciones deben acogerse a lo estipulado en el decreto 195 de 2005 del Ministerio de Comunicaciones y a la Resolución 1645 de 2005, en donde se presentan los requisitos y la metodología de medición. A continuación se presenta una aproximación al protocolo de medición de campos electromagnéticos siguiendo los requerimientos establecidos en la normatividad vigente, así como los diferentes procedimientos realizados en los diversos estudios de radiaciones electromagnéticas.

## 6. PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN

El principio de precaución se aplica cuando una evaluación científica indica que hay motivos razonables de preocupación por los potenciales efectos peligrosos sobre la salud o el medio ambiente, a pesar de los niveles de protección adoptados. [34]

Los enfoques de precaución, tales como el Principio de Precaución, están encaminados a incertidumbres sobre posibles, pero no comprobados efectos en la salud. Tales políticas de gestión de riesgos proveen una oportunidad para avanzar en temas emergentes y así incluir consideraciones de costo - beneficio que pueden considerarse como una adición para el enfoque basado en la ciencia y en la asistencia para la toma de decisiones de política pública.

El reconocimiento explícito de que un riesgo puede no existir, es un elemento clave del enfoque de precaución. Si la comunidad científica concluye que no hay ningún riesgo proveniente de la exposición a los CEM o que la posibilidad de un riesgo es muy especulativa, entonces la respuesta apropiada para las preocupaciones del público debería ser un efectivo programa de educación. Si un riesgo debido a CEM sería establecido, entonces sería apropiado confiar en la comunidad científica para recomendar medidas específicas de protección usando los criterios establecidos de evaluación y gestión de riesgos a la salud pública. [35]

De acuerdo con la revisión efectuada hasta ahora, podríamos afirmar que en Colombia no se adopta el principio de precaución como medida inicial frente a la incertidumbre de los efectos en salud que pueda generar la exposición a ondas electromagnéticas no ionizantes.

## 7. MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Los países seleccionan sus propios estándares nacionales para exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de los estándares nacionales están basados en las recomendaciones establecidas por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP).

Las guías de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante desarrolladas para la exposición de los CEM cubren el rango de frecuencia de las radiaciones no ionizantes de 0 a 300 GHz, están basadas sobre investigaciones completas de toda la literatura reconocida por formas y divulgada. Los límites de exposición están establecidos en los efectos de la exposición aguda de corto plazo, antes que en la exposición de largo plazo, ya que la información probada sobre los efectos a la exposición de los CEM de bajo nivel a largo plazo es considerada insuficiente para establecer límites cuantitativos. Aplicando consecuencias de la exposición aguda de corto plazo, las recomendaciones internacionales utilizan el nivel de exposición aproximado o nivel umbral que potencialmente llevaría a efectos biológicos adversos. Para permitir las incertidumbres científicas, el nivel umbral más bajo será reducido para derivar los valores límites para la exposición humana. [35]



## 8. RECOMENDACIONES DE LA OMS

Estas recomendaciones son producto de la monografía realizada por la OMS, en el marco del proyecto OMS-CEM iniciado en 1997. A continuación se presenta un resumen de las mismas: [24]

Los encargados de formular las políticas deberían establecer recomendaciones para la exposición a campos de ELF tanto del público en general como de los trabajadores. La mejor fuente de orientación para los niveles de exposición y los principios aplicables a la revisión científica son las recomendaciones internacionales.

- Los encargados de formular las políticas deberían establecer un programa de protección para los CEM ELF que incluya mediciones de los campos de todas las fuentes, a fin de asegurarse que no se superen los límites de exposición del público en general o de los trabajadores.
- Las autoridades locales deberían hacer cumplir las normas sobre las instalaciones eléctricas a fin de reducir corrientes a tierra accidentales cuando se construyan nuevos locales o cuando se renueven las instalaciones eléctricas ya existentes, manteniendo al mismo tiempo la seguridad.
- Las autoridades nacionales deberían aplicar una estrategia eficaz y de comunicación abierta a fin de que todas las partes interesadas puedan adoptar decisiones fundamentadas; debe estar incluida la información sobre la manera en que las personas pueden reducir su propia exposición.
- Las autoridades locales deben mejorar la planificación de las instalaciones emisoras de CEM ELF, incluyendo el mejoramiento de las consultas entre la industria, los gobiernos locales y los ciudadanos al establecer las principales fuentes de emisión de CEM ELF.
- Los gobiernos y la industria deberían promover programas de investigación para reducir la incertidumbre de la evidencia científica sobre los efectos de la exposición a campos ELF en la salud.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Programas y proyectos: campos electromagnéticos. Noviembre 1996. Publicado en: [http://www.who.int/peh – mf/projec/EMF\\_projec/en/index.html](http://www.who.int/peh-mf/projec/EMF_projec/en/index.html).
2. Los campos electromagnéticos y la salud pública: las frecuencias extremadamente bajas (ELF). Nota descriptiva N° 205. Noviembre 1998. Publicado en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs205/es/print.html>.
3. Que es la Radiación. Artículo publicado en: [http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos\\_aires/radiacion/tipos.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos_aires/radiacion/tipos.htm).
4. AYALA M, JUAN. Valladolid, Universidad de Valladolid; Ondas electromagnéticas y medio ambiente: lección de apertura del curso académico. 1994. 19 ed. p. 16.
5. FERRANDO Miguel, VALERO Alejandro. Universidad Politécnica de Valencia. Parámetros de Antenas. Departamento de Comunicaciones. Universidad Politécnica de Valencia. [http://www.upv.es/antenas/Documentos\\_PDF/Notas\\_clase/Tema\\_1.PDF](http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Tema_1.PDF).
6. <http://espanol.geocities.com/elradioaficionado/antenas/antenas02.htm#antenas>. Antenas y líneas de transmisión III. El radioaficionado online. 31 de julio de 2000.
7. International Commission On Non - Ionizing Radiation Protection e.v. Recomendaciones para limitar la exposición a campos electromagnéticos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz). 1990. pg 6.
8. Que son los campos electromagnéticos: Normas actuales. Noviembre 1996. Publicado en: <http://www.who.int/peh-emf/about/WatisEMF/es/index4.html>. ICNIRP, CEM.
9. SKVARCA, Jorge and AGUIRRE, Aníbal. Norms and standards for radiofrequency electromagnetic fields in Latin America: guidelines for exposure limits and measurement protocols. Revista Panamericana Salud Pública. 2006. [Cited 2008-07-21]. Disponible en: [http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1020-9892&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-9892&lng=en&nrm=iso).
10. IEEE Std C951-1991 – 1999 Edition. IEEE Standard for Safety Level With Respect to Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, 3 KHz to 300GHz. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, 1992.
11. IEEE Std C95.1-1991 – 1999 Edition. IEEE Standard for Safety Level With Respect to Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, 3 KHz to 300GHz. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, 1992.
12. Skavarca J, Aguirre A. Normas y estándares aplicables a los campos electromagnéticos de radiofrecuencias en América Latina: guía de los límites de exposición y protocolos de medición. Revista Panamericana Salud Pública. 2006; 20(2/3):205 – 12.

13. REPUBLICA DE COLOMBIA, Ministerio de Comunicaciones. Decreto 195 de 2005, Por el cual se adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones.
14. REPUBLICA DE COLOMBIA, Ministerio de Comunicaciones. Resolución 001645 de Julio de 2005, Por la cual se reglamenta el Decreto 195 de 2005.
15. REPUBLICA DE COLOMBIA, Ministerio de Comunicaciones. Circular 270 Instalación de estaciones radioeléctricas de telecomunicaciones. Emitida a la comunidad en general. Marzo de 2007.
16. APONTE, Guillermo, ESCOBAR, Adolfo, PINEDO, Carlos R *et al.* Medición de Campos Electromagnéticos en la Ciudad de Cali, Colombia. Inf. tecnol. [online]. 2007, vol.18, no.3 [citado 21 Julio 2008], p.39-47. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-64200706&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-64200706&lng=es&nrm=iso).
17. SKVARCA, Jorge and AGUIRRE, Aníbal. Norms and standards for radiofrequency electromagnetic fields in Latin America: guidelines for exposure limits and measurement protocols. Rev Panam Salud Pública. 2006, Vol. 20. [Citado 2008-07-21]. Disponible en: [http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1020-2017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-2017&lng=en&nrm=iso).
18. T.SAUNDERS. Health hazards and electromagnetic fields. Complementary Therapies in Nursing & Midwifery (2003) 9, 191–197.
19. Los campos electromagnéticos y la salud pública: estaciones de base y tecnologías inalámbricas. Nota descriptiva N° 304. Mayo 2006. Publicado en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/es/print.html>
20. Campos electromagnéticos. Revista Panamericana de la Salud Publica. Volumen 3. N°3. Washington. Marzo 1998.
21. COLEMAN, N.; BELL, C; TAYLOR, H; PRIMIC – ZAKELJ, M. Leukemia and residence near electricity transmission equipment: a case-control study. Br J. Cancer; 60: 793. 1989.
22. AHLBOM y Col. Ondas Electromagnéticas y cáncer en niños. Publication de The Lancet Med Mil [online]. (Lancet 343:1295-1296, 1993).
23. AHLBOM A., DAY N. “Una puesta en común, análisis de campos magnéticos y leucemia en la infancia. (Leukaemia. Brit J Cancer 83:692-698, 2000).
24. Que es el proyecto CEM: descripción del proyecto. Publicado en: [http://www.who.int/peh-emf/project/EMF\\_project/es/index2.html](http://www.who.int/peh-emf/project/EMF_project/es/index2.html).



HOSPITAL FONTIBON  
EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO  
SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD



ALCALDIA MAYOR  
DE BOGOTÁ D. C.  
SECRETARÍA DE  
SALUD DE BOGOTÁ

25. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Extremely low frequency fields. (Environmental health criteria ; 238) World Health Organization 2007.
26. FUNCH DP, ROTHMAN KJ, Loughlin JE, Dreyer NA. Utility of company records for epidemiologic studies of cellular telephones. *Epidemiology* 1996; 7:299-302.
27. BERG G, SCHÜZ J, Samkange-Zeeb F, Blettner M. Assessment of radiofrequency exposure from cellular telephone daily use in an epidemiological study: German validation study of the international case-control study of cancers of the brain - INTERPHONE Study. *J Expos Anal Environ Epidemiol* 2004; 15: 217-224.
28. Kundi M, Mild KH, Hadell L, Mattson MO. Mobile telephones and cancer - A review of epidemiological evidence. *J Toxicol Environ Health* 2004; Part B 7: 351-384.
29. LAHKOLA A, TOKOLA K, AUVINEN A. Meta-analysis of mobile phone use and intracranial tumors. *Scand J Work Environ Health* 2006; 32: 171-177.
30. RÖÖSLI M, MOSER M, BALDININI Y, MEIER M, BRAUN-FAHRLANDER C. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health* 2004; 207: 141-150.
31. BALIKCI K, OZCAN IC, TURGUT-BALIK D, BALIK HH. A survey study on some neurological problems and sensations experienced by long term users of mobile phones. *Pathol Biol (Paris)* 2005; 53: 30-34.
32. SANTINI R, DANZE JM, SEIGNE M, LOUPPE B. Guide pratique européen des pollutions électromagnétiques de l'environnement. Embourg (Belgique): Éditions Marco Pietteur ; 2000. p. 239.
33. HORST Eger, KLAUS Uwe Hagen, BIRGITT Lucas, VOGEL Peter y HELMUT Voit. Influencia de la cercanía de una antena de telefonía móvil sobre la incidencia del cáncer. *Revista Alemana Umwelt-medizin-gesellschaft* | 17 | 4/2004.
34. VARGAS Marcos. La protección sanitaria frente a los campos electromagnéticos. *Gaceta sanitaria* [online]. 2004. Vol 18. Disponible en: <http://scielop.org/applications/scielo-org/sso/loginScielo.php?lang=es.html>.
35. Estableciendo un diálogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos. Radiación y salud ambiental. Departamento de protección del ambiente humano. Ginebra Suiza. 2005.

