

REDUCCIÓN DE LOS LÍMITES DE RADIACIÓN DEBIDA A LAS RADIOFRECUENCIAS EN ALGUNOS PAÍSES

REDUCTION OF RADIATION LIMITS DUE TO RADIO FREQUENCIES IN SOME COUNTRIES

Fabio Téllez Barón¹
Ernesto Sabogal Gómez²
Juan Carlos Lizarazo³

Fecha de recepción: 17 de mayo 2016

Fecha de aceptación: 20 de setiembre 2016

Resumen

El grupo de investigación de Electromagnetismo, Salud y Calidad de Vida de la Universidad El Bosque ha realizado mediciones en el campus de la universidad, para las tecnologías GSM y LTE. Los resultados obtenidos indican que en GSM el punto de máxima radiación fue de 0.236 V/m contra un límite permitido por la recomendación de la ICNIRP de 40 V/m. En LTE el punto de máxima radiación fue de 0.2 V/m, contra un límite de 61 V/m de la recomendación. Es decir, el 0.59% y el 0.3% respectivamente, respecto de los límites de la recomendación. Por otra parte, algunos países de la Unión Europea han establecido en sus normas nacionales un límite que oscila alrededor de los 6 V/m para las radiofrecuencias, que equivale al 15% de la recomendación de la ICNIRP con respecto a GSM; esto con el fin de proteger a la población contra los efectos de la radiación electromagnética en el largo plazo. Colombia adoptó los límites de la recomendación de la ICNIRP; por lo tanto, surge la pregunta: ¿Por qué Colombia tiene límites tan altos?

Palabras claves: GSM, mediciones, límites para proteger al público en general, radiación electromagnética, recomendación ICNIRP

Abstract

The Electromagnetism, Health and Quality of Life research group at El Bosque University has carried out measurements on the university campus for GSM and LTE technologies. The results indicate that in GSM the point of maximum radiation was 0.236 V/m against a limit allowed by the ICNIRP recommendation of 40 V/m. In LTE the point of maximum radiation was of 0.2 V/m, against a limit of 61 V/m of the recommendation. That is, 0.59% and 0.3% respectively, regarding the limits of the recommendation. On the other hand, some countries of the European Union have established in their national rules a limit that oscillates around the 6 V/m for the radio frequencies, equivalent to 15% of the recommendation of the ICNIRP with respect to GSM. This in order to protect the population against the effects of electromagnetic radiation in the long term. Colombia adopted the limits of the ICNIRP recommendation; therefore, the question arises: Why does Colombia have such high limits?

Keywords: Electromagnetic radiation, GSM, ICNIRP Recommendation, limits to protect the general public, measurements

¹Programa de Ingeniería Electrónica. Ingeniero. Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia. tellezfabio@unbosque.edu.co

²Programa de Ingeniería Electrónica. Magister. Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia. sabogalernesto@unbosque.edu.co

³Programa de Ingeniería Electrónica. Magister. Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia. lizarazojuan@unbosque.edu.co

1. Introducción

Motivación

Las frecuencias de radio, RF, están entre los 100 KHz y los 300 GHz (ICNIRP, 2009b). Estas frecuencias se utilizan para transmitir señales en forma inalámbrica. Las frecuencias que generan radiación no-ionizante, están entre 0 Hz y 300 GHz.

La radiación originada por las RF se puede medir por la intensidad del campo eléctrico E, (V/m), la intensidad de campo magnético H, (A/m), o mediante la densidad de potencia S, (W/m²), (ICNIRP, 1998).

En los últimos quince años, se ha generado una explosión tecnológica que, en el caso de las telecomunicaciones y la informática, ha llevado a tener cifras que impresionan; por ejemplo, Colombia tiene actualmente más de 53 millones de teléfonos celulares para una población estimada de 48 millones. Este desarrollo vertiginoso ha alarmado a la población que ve que cada día aumenta la instalación de radiobases. Pero, además, para el público general los campos electromagnéticos, CEM, son imperceptibles y desconocidos, lo que, aunado a la cantidad de radiobases instaladas, los ha llenado de temores sobre posibles riesgos para la salud.

Teniendo en cuenta la Internet de las Cosas, la polución electromagnética generada por el hombre seguirá en aumento. Si se tiene en cuenta sólo la domótica, se busca que todos los dispositivos eléctricos y electrónicos de los hogares se interconecten a internet, y que esos dispositivos sean inalámbricos. Algo similar se busca en las empresas comerciales, en las fábricas, en el agro, etc.

En Colombia los límites de radiación y su reglamentación se establecen por el Decreto 195 de 2005 (MinCOM, 2005) y la Resolución 1645 de 2005 (MinCOM, 2005) del Ministerio de Comunicaciones. La ley 195 y su decreto reglamentario 1645 declararon al servicio de telefonía móvil celular como inherentemente conforme, es decir, no se requieren mediciones para verificar el cumplimiento de los límites expuestos en la ley.

El público en general está alarmado por la proliferación de estaciones base y, entre sus acciones, ha acudido a la tutela buscando proteger para que se tomen medidas que protejan la salud contra las radiaciones EM generadas por las radiobases de la telefonía móvil celular.

Por otra parte, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer, IARC, clasificó a los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas y a los de frecuencias de radio como elementos posiblemente cancerígenos tipo 2B.

Ante esta serie de hechos, la Universidad El Bosque inició la medición de la radiación electromagnética, EM, debida a la telefonía móvil celular en su campus universitario. En este sentido, ha acometido varios proyectos desde el 2014.

Finalmente, llama la atención que haya una serie de países europeos que han establecido límites inferiores a los establecidos por la OMS y el ICNIRP.

Situación problemática

El público en general está alarmado por la proliferación de estaciones base y ha acudido a la tutela. Así, por ejemplo, se presentan dos casos, a saber: a) Sentencia T-360/10 de 11 de mayo de

2010 de la Corte Constitucional (Corte Constitucional, 2010). Se da sentencia a la acción de tutela de una ciudadana colombiana en la cual afirma que “la alta radiación” que emite la torre del operador celular cercana a su casa dañó el “cardiodesfibrilador” que se le había implantado; sentencia que rechaza la acción. Como segunda decisión la Corte Constitucional exhorta a MinTIC y a la CRC para que, por un lado, analicen las recomendaciones de la OMS y establezcan canales de comunicación e información con la comunidad en relación a los posibles efectos adversos a la salud que puede generar la exposición a campos electromagnéticos; y por otro, en aplicación del principio de precaución, diseñen un proyecto encaminado a establecer una distancia prudente entre las torres de telefonía móvil y las instituciones educacionales, hospitales y hogares geriátricos.

b) Sentencia T-1077/12 de 12 de diciembre de 2012 de la Corte Constitucional (Corte Constitucional, 2012). Se da sentencia a la tutela impuesta por una menor quien fue diagnosticada de cáncer y cuya oncóloga le indicó que debía evitar la exposición a radiofrecuencias, teniendo en cuenta que su cuarto se encuentra a 29 metros de una torre de telefonía celular. La Corte sentencia que se deberá retirar la torre. Por otro lado “...ordenará al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que, en aplicación del principio de precaución, regule la distancia prudente entre las torres de telefonía móvil y las viviendas, instituciones educativas, hospitales y hogares geriátricos.” Y “... ordenará a la Agencia Nacional del Espectro que, en ejercicio de su función de vigilancia y control, verifique que la radiación emitida por las antenas de telefonía móvil celular se encuentren dentro de los límites permitidos, establecidos en la Resolución 1645 de 2005.”

En dos años la Corte pasó de exhortar a ordenar que se regule la distancia de las torres y a que se verifiquen los niveles de radiación emitida. La solicitud de la verificación riñe con lo establecido en la Resolución 1645 en la cual el servicio de telefonía móvil se considera inherentemente conforme y no requiere mediciones.

Por otra parte, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer, IARC, clasificó a los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas, ELF-EMF, como elementos posiblemente cancerígeno tipo 2B, en el 2001 (IARC, 2001).

Posteriormente, en el 2012, la IARC clasificó también a los campos electromagnéticos originados por las frecuencias de radio, RF-EMF, como posible elemento carcinógeno tipo 2B (IARC, 2012). Es decir, que en el lapso de una década, la IARC clasificó tanto a las radiaciones electromagnéticas originadas por las frecuencias extremadamente bajas, como a las radiofrecuencias como elementos posiblemente cancerígenos tipo 2B.

Objetivos

Los objetivos que se propusieron fueron los siguientes:

- Medir la intensidad de campo a la cual está expuesta la población general por los servicios celulares
- Contrastar estos valores con la norma nacional (Colombia)
- Comparar diferentes normas internacionales
- Evaluar la posibilidad de reducir los límites de referencia de la norma nacional

2. Estado del conocimiento

Hay una serie de países que han adoptado normas nacionales con valores bastante inferiores a los de la recomendación de la ICNIRP de 1998. En la Tabla 1, se pueden ver algunos de ellos. (Foster, 2000), (GSMA, 2013), (Suiza, 1999), (Telecom Italia, 2013), (WHO/ICNIRP, 2015).

Tabla 1.

Países con límites inferiores a ICNIRP

	Límite de exposición a los CEM (enero de 2014)	Ámbito de aplicación	de	Área responsable
ICNIRP	41 V/m (a 900 MHz)	Todos los lugares públicos accesibles		
Bruselas	6 V/m (a 900 MHz)	Área residencial		Ministry of Economic Affairs/ Ministry of Social Affairs, Public Health and Environment
París	Basado en ICNIRP	Paris: -> 5V/m (eq. 900 MHz) para 2G+3G > 7V/m (eq. 900 MHz) para 2G+3G+4G		Ministry of Industry/ AFNOR/UTE: French National Standard Body
Italia	6 V/m	Interiores y exteriores	y	Italian Parliament / President of the Council of Ministers
Lituania	6,1 V/m	Todos los lugares públicos accesibles		Ministry of Telecommunications
Polonia	7 V/m			Ministry of Labour and Social Politics / Ministry of Environment Safety
Suiza	4 V/m (900 MHz) 6 V/m (1800 MHz)	Áreas residenciales, colegios y salas de los hospitales		Swiss Federal Government
Rusia	10 V/m	Público en general		Russian Parliament, signed by the President / State

			Committee Standardization (GOST) / Ministry of Public Health
China	12 V/m (30 MHz-3 GHz)	Público en general	Ministry of Health , China / State Environmental Protection Administration, China

Todos estos países han establecido límites más estrictos que los recomendados por la ICNIRP; sus límites se encuentran por debajo de los 12 V/m. La GSMA (GSMA, 2013) trae como casos de uso a las administraciones de la Región de Bruselas, de la Región de París, y a Italia, Lituania y Polonia, miembros de la Unión Europea pero que se salieron de los lineamientos de ésta que sugiere el uso de la recomendación ICNIRP de 1998. Tanto Bélgica como Francia establecen sus normas por regiones.

Llama la atención el caso de la Región de París, pues en la elaboración de la norma participaron cinco operadores de la región. Cabe la pregunta: ¿por qué los operadores apoyan una norma que supuestamente incrementará sus costos de operación?

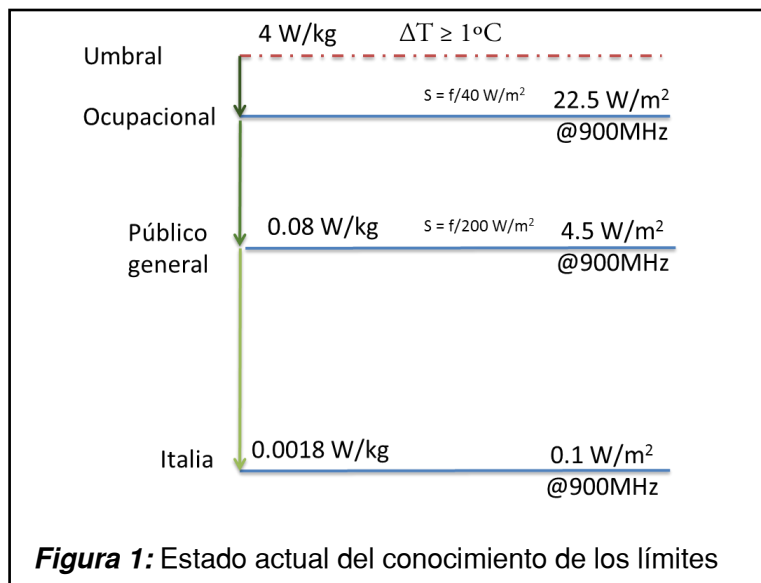
El caso de Suiza, también, llama la atención pues la norma se basa en los niveles más bajos que se consideraron viables económica y técnicamente. El costo de implementación, se dice, es del orden de 1000 millones de francos suizos; esta cifra, sin embargo, debe mirarse como una inversión para proteger la salud de sus ciudadanos en el largo plazo.

Además, se tiene el caso de Rusia que desde la época de la Unión Soviética estableció límites inferiores a los de los países occidentales, pero, que una vez disuelta ésta, continuó con límites bastante inferiores. La filosofía de la norma rusa para la protección del público contra la exposición a las RF es llamativa, pues se basa en que la exposición a esas radiaciones no deben causar ninguna respuesta compensatoria. (Moskowitz, 2012), (Repacholi, 2012).

Para calcular los límites, se toma el nivel de aumento de la temperatura corporal interna resulta de la exposición de los individuos, en condiciones ambientales moderadas, a un SAR de cuerpo entero de 4 W/kg durante aproximadamente 30 minutos. En consecuencia, para asegurar una protección ocupacional adecuada de los trabajadores, la ICNIRP tomó un factor de seguridad de diez (10), con lo que la SAR en todo el cuerpo se redujo a 0.4W/kg. A su vez, tomó un factor adicional de seguridad de cinco (5) para la exposición del público, con lo que la SAR de cuerpo entero, quedó en 0,08 W/kg. Así, en total, el público tiene un factor de seguridad de 50. (ICNIRP, 2002).

En la figura 1, se muestra la comparación de los límites establecidos por el ICNIRP y por la norma nacional de Italia.

En la figura 1 se muestran los límites actuales basados en un umbral de SAR de 4W/kg, durante 30 minutos, que hace que la temperatura del cuerpo humano suba en 1°C o más, hecho que altera la salud. El valor límite del campo eléctrico es de 41 V/m a 900 MHz, para el público en general. Este valor contrasta con el límite de campo eléctrico propuesto por la norma italiana que es de 6 V/m a 900 MHz.



Como se puede ver, el factor de seguridad ICNIRP para público general es de 50. Mientras que el factor de seguridad de la norma italiana, para público general, es de 2250. Llama la atención, esta gran diferencia en el factor de seguridad para el público en general.

Principio de precaución

Es la base de la legislación del Tratado de la Unión Europea para el desarrollo de las políticas de salud ambiental; el Tratado no lo define. Ante este hecho, se han dado múltiples definiciones y se han tomado posiciones extremas, como:

- La exigencia de una prueba absoluta de seguridad antes de permitir la adopción de nuevas tecnologías.
- Los científicos han tratado de ligar el principio de precaución con la evaluación del riesgo basada en la ciencia.
- La falta de "certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente"; Declaración de Río (1992).

La primera posición implica que no se podrían adoptar nuevas tecnologías. La segunda, es la posición que mantiene la ICNIRP que no cubre los posibles riesgos de salud para el público en el largo plazo. La tercera, Declaración de Río, es una posición intermedia que deja la decisión en manos de las autoridades nacionales de cada país.

Por otra parte, un grupo de científicos italianos, encabezado por Vincenzo Di Lazzaro, concibió un artículo de revisión en que analizaron 78 estudios, (Di Lazzaro, 2013). Di Lazzaro y su grupo conocía los estudios que han explorado los efectos biológicos de los campos magnéticos a frecuencias extremadamente bajas, ELF-EMF, sobre el sistema nervioso y que han informado varios cambios funcionales. Pero, los resultados de esos estudios son muy variables y los mecanismos de acción de los ELF-EMF están poco definidos. Así pues, se propusieron hacer una

revisión de los efectos de ELF-EMF sobre el sistema nervioso. Con este fin, este grupo de investigadores fue congregado para revisar y discutir la información obtenida acerca de los efectos producidos en el sistema nervioso debido a la exposición a los ELF-EMF. Analizaron los equipos utilizados para la exposición; los métodos computacionales y modelos en la interacción de los ELF-EMF y el sistema neuronal; los datos experimentales de células y tejidos; y mostraron los límites y las deficiencias de los datos disponibles. El grupo de científicos concluyó que, tomados en conjunto, los estudios revisados sugieren que los ELF-EMF podrían ejercer una ligera influencia sobre la actividad cerebral humana. En particular, los datos experimentales sugieren que una exposición magnética débil podría afectar a casi todas las funciones cerebrales tales como el control motor, la percepción sensorial, las actividades cognitivas, el sueño y el estado de ánimo. Estos resultados están apoyados por los resultados de los estudios neurofisiológicos que revelaron cambios medibles en la actividad eléctrica del cerebro después de la exposición a los ELF-EMF.

Ante estas recomendaciones, la ICNIRP es tajante: “El único efecto científicamente aceptado en los seres humanos, debido a la exposición a los campos electromagnéticos generados por las frecuencias de radio, RF-EMF, es el aumento de la temperatura corporal causado por esta radiación. Fuera de este umbral térmico, no se acepta ningún otro mecanismo biológico” (ICNIRP, 2009a), (ICNIRP, 2009b), (SCENIHR, 2009).

Por otra parte, menciona que “Estas directrices cubren el corto plazo, los efectos inmediatos en la salud tales como la estimulación de los nervios periféricos y músculos, los golpes y quemaduras causadas por el contacto con objetos conductores, y el incremento en la temperatura de los tejidos por la absorción de energía durante la exposición a los campos electromagnéticos”. No se considera la inducción de cáncer por la exposición a los CEM a largo plazo.

3. Materiales y métodos

Mediciones de campo

Para la metodología de medición se tuvieron en cuenta las recomendaciones UIT-T K52 (UIT, 2000), UIT-T K61 (UIT, 2008) e ICNIRP de 1998 (ICNIRP, 2002), y (ICNIRP, 2008a). También se utilizó la norma nacional de Irlanda (Ireland, 2014); 08/51R2 de enero 24 de 2014, de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones de Irlanda.

Las mediciones se hicieron en el Campus de la Universidad El Bosque, que está en la zona de campo lejano respecto a las radiobases que lo rodean. Se midieron zonas en el espacio libre y los pasillos de algunos edificios que dan hacia el espacio libre. No se hicieron mediciones dentro de las aulas de clase. Las mediciones para la tecnología GSM se hicieron entre 2014 y 2015 (Téllez, 2016).

El conjunto de equipos utilizados en las mediciones fue el siguiente (Téllez, 2016):

1. Un analizador de espectros HF-6065 Aaronia Spectran Analyzer; 10 MHz – 6 GHz.
2. Un computador portátil como elemento de control y centro del sistema, con el software MCS Realtime Spectrum Analyzer para la automatización, adquisición y análisis de datos.
3. Una antena omnidireccional Omnilog 70600; 680 MHz - 6 GHz.
4. Un trípode para ubicar la antena y el analizador de espectro.



En la figura 2 se muestra el equipo de mediciones que se utilizó.

Método utilizado

Las mediciones se realizaron en los puntos más calientes de cada zona abierta o edificio durante cinco días, lunes a viernes en cada punto, entre las 7:00 a.m. y la 1:00 p.m. El procedimiento que se siguió fue el siguiente (Téllez, 2016):

- Uso de antena omnidireccional, que obliga a medir cada eje ortogonal por separado durante 6 minutos, para posteriormente calcular el campo eléctrico E (V/m)
- Para cada sistema GSM se identificó el canal de control
- Medir E (V/m) durante 6 minutos, E_{BCCH} , para cada eje ortogonal y calcular el $E_{sistema}$ por cada sistema según

$$E_{sistema} = \sqrt{(E_x^2) + (E_y^2) + (E_z^2)}$$

- Ajustar la medición de cada sistema por el número de canales de tráfico,

$$E_{max} = E_{BCCH}\sqrt{n}$$

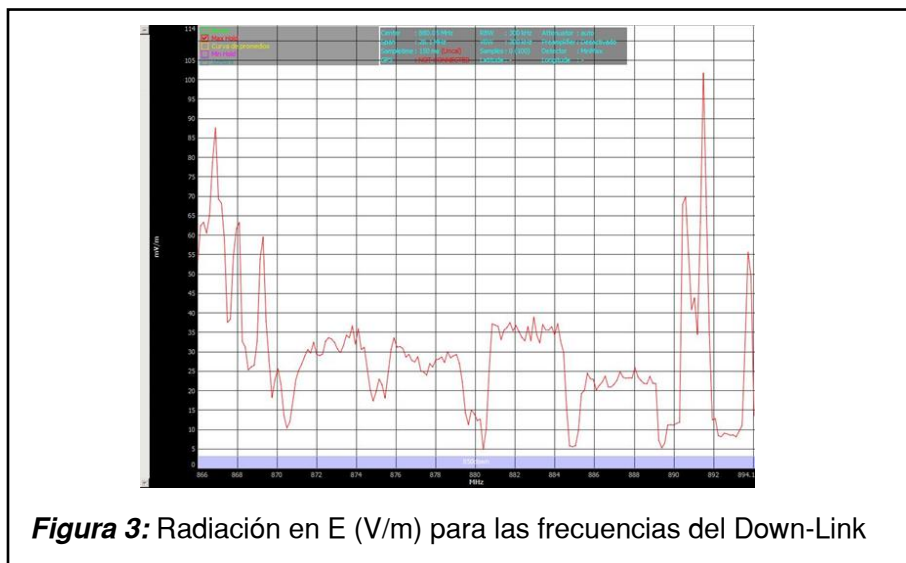
Donde n es el número de canales de tráfico

- Calcular el E_{TOTAL} para el conjunto de sistemas GSM dentro del ancho de banda medido,

$$E_{TOTAL} = \sqrt{\sum E_{max}}$$

4. Resultados

En la figura 3, se muestra las variaciones del campo eléctrico, E, versus las frecuencias en el Down-Link registradas por el analizador de espectro.



Las mediciones se hicieron en el Campus de la Universidad El Bosque, que está en la zona de campo lejano respecto a las radiobases que lo rodean. Se midieron zonas en el espacio libre y los pasillos de algunos edificios que dan hacia el espacio libre. No se hicieron mediciones dentro de las aulas de clase.

En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos en las diferentes zonas del campus universitario.

Tabla 2.

Valores máximos de radiación electromagnética medida (mV/m)

Zona	Radiación EM medida (en mV/m)
Edificio E	123.4
Edificio Fundadores	117.1
Edificio El Campito	143.1
Edificio A	236.3
Caduceo	80.1
Carpas Blancas	78.7
Oma	115.4

Como se puede ver, el campo medido máximo fue de 236 mV/m, que equivale al 0.58% de la norma; es decir, es 174 veces inferior. Ante estos valores cabe la pregunta: ¿por qué utilizar límites tan altos? como los señalados por la recomendación de ICNIRP.

Existe, entonces, la posibilidad de reducir los límites de protección del público general en la norma nacional de Colombia.

5. Conclusiones

- Los campos medidos son muy inferiores al límite propuesto, lo cual permitiría sugerir una disminución de éstos de manera similar a los propuestos por algunos países europeos.
- Los países que han decidido disminuir los límites de la ICNIRP, han tomado en cuenta que hay estudios que muestran evidencias de que existen interacciones de campo débil y, a pesar de que no se han dilucidado los mecanismos que puedan explicar esas interacciones, si existe un riesgo de posibles efectos adversos en el largo plazo. Con este fin, han considerado tanto los aspectos sociales como los económicos; su objetivo final es proteger la salud de la población.

6. Trabajos futuros

- Estudio histomorfológico de las respuestas tisulares cráneo-encefálicas en ratones expuestos a nivel medido de radiación electromagnética por servicios celulares en la localidad de Usaquén.
- Mapa de riesgo de la radiación electromagnética de frecuencias extremadamente bajas generada por los transformadores y máquinas de inyección en una empresa petroquímica determinada.
- Impacto de la disminución de los límites en la infraestructura de los operadores celulares.

Referencias

- Di Lazzaro, V., Capone, F., Apollonio, F., Borea, P.A., Cadossi, R., Fassina, L., Grassi, C., Liberti, M., Paffi, A., Parazzini, M., Varani, K., Ravazzani, P. (2013). A Consensus Panel Review of Central Nervous System Effects of the Exposure to Low-Intensity Extremely Low-Frequency Magnetic Fields. *Brain Stimulation* 6 (2013), 469-476.
- Frei, P., (2010). Personal exposure to radio frequency electromagnetic fields and implications for health. *Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel*. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ch/>
- Foster, K.R., Vecchia, P., Repacholi, M.H. (2000). Science and the Precautionary Principle, *Science* v. 288, 12may00, *American Association for the Advancement of Science*
- GSMA, (2013). Arbitrary Radio Frequency exposure limits: Impact on 4G network deployment.
- IARC, (2001). Monografía No. 80.
- IARC (2012), Monografía No. 102.
- Ibermutuamur. Exposición a campos electromagnéticos en la sociedad actual. España. www.seguridadsalud.ibermutuamur.es
- ICNIRP, (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics*, 74, 4, (1998), 494-522.
- ICNIRP, (2002). General approach to protection against non-ionizing radiation.

- ICNIRP, (2009a). ICNIRP statement on the "Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)". International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Health Phys* 97(3): 257-258.
- ICNIRP, (2009b). Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.
- Ireland, Commission for Communications Regulation. (2014). Methodology for the Conduct of Surveys to Measure Non-Ionising Electromagnetic Radiation from Transmitter Sites
- Ministerio de Comunicaciones. (2005). Decreto 195 de 2005. Retrieved Abril 2013, from <http://www.mintic.gov.co/index.php/docs-normatividad?task=download.file&fid=46.646&sid=54>
- Ministerio de Comunicaciones. (2005). Resolución 1645 de 2005. Retrieved Abril 2013 from <http://www.mintic.gov.co/index.php/docs->
- Moskowitz, J., (2012). New paper reviewing the Russian RF standards fails to declare conflict of interest of lead author. Comments on the Repacholi et al Russian review from Joel Moskowitz. The UC Berkeley Prevention Research Center, School of Public Health, University of California, Berkeley
- Repacholi, M., Grigoriev, Y., Buschmann, J., and Pioli, C., (2012). Scientific Basis for the Soviet and Russian Radiofrequency Standards for the General Public. *Bioelectromagnetics*, 2012.
- SCENIHR, (2009). Health Effects of Exposure to EMF.
- Suiza, (1999). Ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) del 23 dicembre 1999
- Telecom Italia, (2013). Workshop on Human Exposure to Electromagnetic Fields, sponsored by ITU. Telecom Italia.
- Téllez, F., Lezama, C., Sabogal, E. (2016). Mapa de radiación electromagnética del campus de la Universidad El Bosque. *En publicación*.
- WHO, (1993). Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz), 1993. *Environmental health criteria: 137*, ISBN 92 4 157137 3.
- WHO/ICNIRP, (2015). Exposure limits. <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Worldmap5.htm>