

Efectos de la radiación electromagnética no ionizante sobre la salud y el caso específico de los efectos en la salud humana de la telefonía celular

Health Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Radiation, and the Specific Case of the Effects of Mobile Telephony

Andrei N. Tchernitchin¹, Leonardo Gaete²,
Verena Romero³, Moisés Pinilla⁴,

Resumen

Los efectos en salud de la radiación electromagnética ionizante son bien conocidos; sin embargo hay menos reconocimiento de los efectos en salud causados por exposición a radiación electromagnética no ionizante. La primera parte del presente trabajo se refiere a los efectos en salud de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes, independiente de su origen, puesto que no hay diferencias apreciables entre los efectos producidos por los diversos tipos de radiación electromagnética no ionizante y por lo tanto, son también válidas para aquellas emitidas por la telefonía celular. Se describe una asociación estadísticamente significativa de varias enfermedades a radiación electromagnética de frecuencia baja (ELF) proveniente de tendidos o transformadores de alta tensión, radiación electromagnética ELF del tendido eléctrico domiciliario y de artefactos electrodomésticos, exposición ocupacional a radiación electromagnética principalmente ELF, y radiación electromagnética de radiofrecuencia (RF) proveniente de antenas de transmisión de televisión. A continuación se analizan los efectos ya demostrados de la telefonía celular (los teléfonos y sus antenas repetidoras). Luego se analizan los grados de certeza de un estudio del Estado de California (USA) para relacionar las diversas enfermedades causadas por radiación electromagnética no ionizante. Este estudio confirmó la alta o mediana probabilidad de una relación causa-efecto de la radiación electromagnética con las siguientes enfermedades: leucemia en adultos y niños, cáncer cerebral en adultos y niños, cáncer de mama femenino y masculino, abortos espontáneos, suicidio, enfermedad de Alzheimer, esclerosis lateral amiotrófica y enfermedades cardiovasculares incluyendo infarto del miocardio. Se describen cuales son estas enfermedades de acuerdo al origen de estas radiaciones y se analizan cuales pueden ser los mecanismos biológicos que determinan la génesis de éstas. Se resumen los trabajos científicos realizados en la URSS y luego en Rusia sobre efectos de radiación electromagnética derivada de la telefonía celular, que originó las normas de ese país y más tarde en Europa Occidental y las decisiones de la OMS respecto de la carcinogenicidad de esta radiación, y se recuentan algunas de las proposiciones realizadas por el actual Gobierno de Rusia en esta materia, y las normas actuales de algunos países. Finalmente se hacen algunas proposiciones para la futura legislación y su regulación en Chile.

Palabras clave: Radiación electromagnética no ionizante, efectos en salud, campos electromagnéticos, telefonía móvil, antenas repetidoras, proposiciones legislación, límites máximos de EMF, comparación de normas de EMF.

Abstract

The health effects of ionizing electromagnetic radiation are well known; nevertheless there exist less recognition on the health effects of exposure to non-ionizing electromagnetic radiation. The first part of the present report refers to health effects of non-ionizing electromagnetic radiation, independently of its origin, since there are not important differences among effects

Recibido el 07 de noviembre de 2011. Aceptado el 14 de noviembre de 2011

- 1 Médico-cirujano; Profesor Titular; Facultad de Medicina, Universidad de Chile; Consejero General por Santiago, y Presidente, Comisión de Medio Ambiente y Salud, Colegio Médico de Chile. atcherni@gmail.com
- 2 Biólogo, Magíster en Bioquímica, Profesor Asistente Facultad de Medicina Universidad de Chile
- 3 Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile; Consultor en Evaluación de Campos Electromagnéticos y Optimización de Procesos.
- 4 Electrónico en Sistemas de Armas y Telecomunicaciones; Vicepresidente Asociación Defensa de la Salud y Medio Ambiente Viña del Mar, Chile, Asesor técnico en las Comisiones de Transporte y Telecomunicaciones de las Cámaras de Diputados y Senadores Congreso Nacional de Chile.

caused by the different kind of non-ionizing radiations, therefore, they are valid for those emitted by the mobile telephony. A statistically significant association is described among various diseases and extremely low frequency electromagnetic radiation (ELF) from high tension electric conductors or transformers, intradomestic electric lines or electrodomestic appliances, occupational exposure to electromagnetic fields, mainly ELF, and radiofrequency (RF) electromagnetic radiation from television transmission. Already demonstrated effects of mobile telephony (cellular telephones and their antennas). The degrees of certainty from a study of the State of California (USA) is analyzed to relate various diseases caused by non-ionizing radiation. This study confirmed high or moderate probability of a cause-effect relationship for adult and child leukemia, brain cancer in adults and children, female and male breast cancer, spontaneous abortions, suicide, Alzheimer disease, amyotrophic lateral sclerosis and cardiovascular diseases including myocardial infarction. Various diseases are related to the different origin of the radiation, and the biological mechanisms involved in disease generation are analyzed. Research performed in the USSR and afterwards in Russia on health effects of mobile telephony are summarized, these investigations originated the regulation in this country and afterwards in West Europe, and influenced the decisions of WHO on its carcinogenicity. Some of the protection measures and regulations taken by the current Russian Government are reported, as well as current regulations in some countries. Finally, some propositions are made for future legislation and regulation in Chile.

Keywords: Non-ionizing electromagnetic radiation, health effects, electromagnetic fields, mobile telephony, cell telephony antennas, legislation propositions, maximum EMF limits, EMF norms comparison.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico ha causado una exposición cada vez mayor de los seres humanos a radiaciones electromagnéticas de diverso tipo. Los efectos de la denominada radiación ionizante sobre los seres vivos son bastante bien conocidos y reconocidos, y los métodos para prevenir estos efectos han sido reglamentados en la mayoría de los países. No obstante, los efectos sobre la salud de radiación electromagnética de menor energía, considerada como "no ionizante", han sido menos estudiados y poco reconocidos por autoridades de salud de numerosos países; en consecuencia, existe reglamentación insuficiente respecto de las medidas destinadas a disminuir o evitar los posibles efectos adversos sobre la salud. El presente trabajo, que es una puesta al día de informes dados a conocer con anterioridad (1, 2), analiza los efectos adversos sobre la salud de algunas radiaciones electromagnéticas no ionizantes para permitir evaluar el riesgo al cual se someten las personas expuestas a ellas, y contribuir a una mejor legislación, reglamentación y normas que permitan disminuir sus efectos sobre salud humana. Indudablemente, la nueva legislación, reglamentación y normas deberán permanecer abiertas, sometidas a las nuevas evidencias científicas que estudios actuales y futuros vayan descubriendo, con el fin de minimizar cualquier riesgo para la salud.

EFFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA "NO IONIZANTE"

Efectos de la radiación electromagnética de baja frecuencia (extremely low frequency, ELF) de redes o transformadores de alta tensión

Olsen et al. (3, 4) demostraron una asociación importante entre los tres tumores infantiles combinados: leucemia, tumores del sistema nervioso central o linfomas malignos, y exposición a campos magnéticos de instalaciones de alto voltaje, en residentes cercanos a estas instalaciones. También demostraron una asociación probable con la enfermedad de Hodgkin. Feychting et al. (5) demostraron una asociación entre leucemia infantil y tendidos eléctricos de alta tensión. A niveles superiores a 0,2 μT (microTesla)⁵, el riesgo relativo (RR) fue estimado en 2,7, con un intervalo de confianza (IC) 95%=1,0–6,3; a niveles superiores a 0,3 μT el RR era 3,8 (IC 95%=1,4 a 9,3); la probabilidad para la tendencia, $p=0,005$.

Li et al. (6) realizaron un estudio que consideraba la intensidad de la exposición a campos electromagnéticos y la distancia entre de la fuente de exposición

5 Tesla es la unidad de medida de la intensidad de un campo magnético; ésta actúa con la fuerza de 1 newton sobre un conductor situado en el vacío, de 1 metro de longitud, recorrido por una corriente de 1 amperio de intensidad y orientado en dirección normal al campo. Un tesla representa una densidad de flujo de 1 weber por metro cuadrado.

a éstos y el hábitat de los sujetos expuestos. Estos autores demostraron, en Taiwan, que el riesgo de leucemia en personas expuestas a radiación electromagnética mayor que $0,2 \mu\text{T}$, provenientes de líneas de alta tensión, en relación a los expuestos a menos que $0,1 \mu\text{T}$, presenta un $\text{RR}=1,4$ ($\text{IC } 95\%=1,0-1,9$). Al comparar distancia entre la fuente de exposición y el hábitat de los sujetos expuestos, para distancias menores de 50 m, comparados con distancias mayores de 100 m, encontraron un aumento del $\text{RR}=2,0$ ($\text{IC } 95\%=1,4-2,9$).

A partir de estudios realizados en la década de los 80 que demostraron una relación entre la intensidad del campo magnético y el riesgo de leucemia infantil, y después de revisar más de dos décadas de investigación científica en esta área, científicos del NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences, de Estados Unidos de Norteamérica) concluyeron que la tendencia generalizada de los resultados de dichos estudios sugiere una débil asociación entre el aumento de la exposición a campos electromagnéticos y el aumento de riesgo de leucemia infantil (7).

Efecto de radiación electromagnética ELF de redes eléctricas domiciliarias y electrodomésticos

Un metaanálisis que resume 11 estudios sobre el efecto de radiación electromagnética de 50 o 60 Hz sobre el desarrollo de algunos cánceres dio resultados diferentes de acuerdo al método usado para evaluar la exposición (8). En efecto, el código de cable eléctrico que caracteriza la corriente eléctrica domiciliar estaba relacionado con el total de cánceres, las distancias desde la habitación al tendido eléctrico de alta tensión estaba asociado solo a leucemia, y las mediciones locales de radiación electromagnética no mostraron correlaciones estadísticamente significativas.

Wertheimer et al. (9) encontraron una asociación entre las conexiones a tierra vía tuberías metálicas domiciliarias y cáncer infantil, con un $\text{RR}=1,72$ ($\text{IC}=1,03-2,88$) para niños que habitaban hogares con tuberías de agua conductoras de electricidad, $\text{RR}=3,0$ ($\text{IC}=1,33-6,76$) para niños que habitaban en forma estable dichos hogares, y un $\text{RR}=4,0$ ($\text{IC}=1,6-10,0$) cuando las mediciones de orientación de las radiaciones magnéticas era menor de 55° de la inclinación horizontal.

Dockerty (10) ha descrito una asociación entre el uso de diversos electrodomésticos y el cáncer, especialmente infantil. Para la frazada eléctrica, por ejemplo, el riesgo de leucemia infantil era de 2,2 ($\text{IC } 95\%=0,7-6,4$); para cáncer del sistema nervioso central el $\text{RR}=1,6$ ($\text{IC}=0,4-7,1$) y otros tumores malignos sólidos, $\text{RR}=2,4$ ($\text{IC}=1,0-6,1$). El riesgo de leucemia aumenta a la más alta categoría cuando se compara el campo magnético en los dormitorios ($> \text{ ó } = 0,2 \mu\text{T}$ comparado con $< 0,1 \mu\text{T}$), con un RR ajustado de 15,5 ($\text{IC}=1,1-224$).

Bates (11) también presentó evidencia epidemiológica de la correlación entre la exposición a campos electromagnéticos débiles de 50 Hz de origen habitacional y el cáncer. Esta correlación es estadísticamente significativa para la exposición a campos de origen domiciliario en niños con significancia estadística aún mayor para cánceres del sistema nervioso central, especialmente cerebrales, en niños.

Milham y Osslander publican en 2001 una revisión sobre la evidencia histórica que sugiere que la electrificación domiciliar determinó un peak de leucemia infantil (12).

Estudios experimentales de los efectos biológicos de la radiación electromagnética ELF de baja intensidad

Diversos estudios han demostrado efectos en parámetros biológicos de radiación electromagnética ELF que causen alteraciones graves en salud. Por ejemplo, Wolf et al. (13) han demostrado que aumentan la proliferación celular y daño al DNA y un posible papel en mecanismos redox. Winker et al. (14) han reportado daño cromosómico en fibroblastos humanos en cultivo por exposición intermitente a campos ELF.

Efecto de exposición ocupacional a radiación electromagnética, principalmente ELF

La información presentada más abajo se refiere principalmente a exposición ocupacional a radiación ELF, pero en muchos de los estudios epidemiológicos no se han separado de las radiaciones RF, puesto que en muchas actividades laborales estudiadas, se observa exposición a ambas. En consecuencia, se analizarán en conjunto.

La sospecha que la mortalidad por leucemia puede estar asociada a exposición ocupacional a campos eléctricos o magnéticos fue por primera vez anunciada en una publicación científica por Milham en 1982 (15), quien estudió a trabajadores eléctricos de sexo masculino y expresó que "Los hallazgos sugieren que campos eléctricos y magnéticos pueden causar leucemia". Este estudio pionero causó el inicio de una serie de estudios posteriores sobre los efectos de campos eléctricos y magnéticos en salud, especialmente para frecuencias de 50 y 60 Hz.

Estudios posteriores han evidenciado epidemiológicamente la correlación entre la exposición a campos electromagnéticos débiles de 50 Hz de origen ocupacional y el cáncer (11). Esta correlación es estadísticamente fuerte para cánceres del sistema nervioso central, especialmente cerebrales, en trabajadores eléctricos y más débil para la asociación de leucemia y melanoma en trabajadores eléctricos.

Loomis *et al.* (16) han descrito que la mortalidad por cáncer de mama es mayor en trabajadoras eléctricas de sexo femenino que en otras trabajadoras (RR=1,38; IC 95%=1,04-1,82). Los riesgos relativos para ocupaciones eléctricas específicas eran: RR=1,73 (IC 95%=0,92-3,25) para ingenieros eléctricos, RR=1,28 (IC 95%=0,79-2,07) para personal técnico eléctrico, y 2,17 (IC 95%=1,17-4,02) para instaladoras y reparadoras de teléfonos y para trabajadoras en líneas telefónicas. Sin embargo, los autores no han detectado ningún aumento de incidencia de cáncer de mama en otras 7 ocupaciones en mujeres, entre ellas las operadoras telefónicas, digitadoras, programadoras y operadoras de computadoras, aún cuando estas actividades también involucran exposiciones elevadas a campos electromagnéticos.

Caplan *et al.* (17) han analizado once estudios ocupacionales relacionados con cáncer de mama en la mujer y han observado riesgos relativos en las siguientes condiciones: 1,98 en mujeres postmenopáusicas con historia ocupacional afectada por campos electromagnéticos; 2,17 en mujeres instaladoras y reparadoras de teléfono, 1,65 en analistas y programadores; 1,40 en operadoras de radio y telégrafo; 1,27 en operadoras telefónicas en otro estudio.

Kliukiene *et al.* (18) encontraron una correlación entre la exposición ocupacional a radiación electromagnética de 50 a 60 Hz e incidencia de cáncer de mama, con un RR

de 1,08 y de 1,14 (intervalos de confianza IC 95%=1,04-1,12 y 1,10-1,19) para la población que considera todas las mujeres expuestas a niveles mayores que los considerados como *background* (0,1 μ T) acumulados durante su vida laboral de 1000 - 1999 horas y a más de 2000 horas, respectivamente, comparadas con aquellas expuestas a dicho nivel por menos de 900 h respectivamente. El RR era de 1,21 y de 1,20 (IC = 1,11-1,29), cuando se consideraron sólo mujeres menores de 50 años. En este último grupo, los RR eran 0,87 para trabajadoras agrícolas, 0,85 para trabajadoras no especializadas, 0,95 para trabajadoras especializadas, 1,14 para funcionarias de oficina y de 1,32 para funcionarias con educación universitaria. Este estudio involucró una cohorte total de 21.483.769 personas/año bajo riesgo y 22.543 casos observados de cáncer de mama.

Demers *et al.* (19) han descrito un elevado riesgo para desarrollar cáncer de mama masculino en trabajadores relacionados con campos electromagnéticos, RR=1,8, IC=1,0-3,7; riesgo que se eleva entre los electricistas, instaladores de líneas de teléfonos y trabajadores de plantas eléctricas (RR=6,0, IC 95%=1,7-21) y en trabajadores y comunicadores de radio (RR=2,9, IC 95%=0,8-10).

Guénel *et al.* (20) describen un riesgo relativo de 1,64 (IC 95%=1,20-2,24) de leucemia en personas ocupacionalmente expuestas a campos electromagnéticos en forma continua.

Un amplio estudio poblacional del Registro de Cáncer de Noruega muestra una asociación entre trabajo eléctrico y riesgo de leucemia (21), y describe una asociación del cáncer de mama a la exposición acumulada expresada en μ T/años.

Armstrong *et al.* (22) describe para trabajadores de artefactos eléctricos de Quebec y de Francia una asociación entre exposición a campos electromagnéticos pulsátiles y cáncer pulmonar.

En un estudio basado en 170.000 trabajadores de la Compañía de Gas y de Electricidad de Francia entre 1978 y 1989 (23) se ha demostrado la asociación de exposición ocupacional a campos electromagnéticos ELF con la incidencia de tumores cerebrales y el cáncer de colon. El RR de la exposición superior al percentil 90, para tumores cerebrales, era 3,08 (IC 95%=1,08-8,74), y aumentaba a

3,69 (IC=1,10-12,73) si se permitía un periodo de latencia de 5 años antes del diagnóstico.

También se ha encontrado una correlación entre radiación electromagnética de baja frecuencia con cáncer testicular no-seminoma, y se ha sugerido que la acción hormonal puede estar involucrada en el desarrollo de estas neoplasias (24).

En un estudio basado en 1.596.959 hombres y 806.278 mujeres en Suecia (25), se ha investigado la incidencia de diversos tipos de cáncer entre 1971 y 1984, correlacionándolos a la exposición ocupacional a campos magnéticos y electromagnéticos; tomando como base valores determinados por una matriz de exposiciones calculada a partir de medidas para diversas actividades laborales, y datos de censos realizados en ese país. En este estudio, se ha descrito, en hombres, un aumento del riesgo de cáncer testicular en trabajadores jóvenes, y en mujeres, una clara asociación con cáncer endometrial (uterino). Además se han descrito asociaciones entre la exposición y los siguientes tipos de cáncer en hombres: cáncer de colon, de vías biliares, hígado, laringe y pulmón, riñón, órganos urinarios, melanoma, cáncer de piel no-melanoma y astrocitomas III-IV. En este mismo estudio, se han descrito en mujeres asociaciones con cáncer pulmonar, de mama, melanoma y leucemia linfocítica crónica. Se ha sugerido una interacción del campo electromagnético con los sistemas inmune y endocrino, los que interfieren aumentando el riesgo de cáncer en sujetos expuestos.

Savitz y col. (26) han descrito en trabajadores relacionados con electrodomésticos que el riesgo de cáncer cerebral aumenta por un factor de riesgo de 1,94 por μT año de exposición a campo magnético durante los 2 a 10 años previos. La mortalidad aumenta en 2,6 veces en el grupo de exposición más alta.

Efectos de radiación electromagnética de radiofrecuencia (RF) de antenas de transmisión de televisión

Dolk *et al.* (27) encontraron que en adultos residentes en una zona situada a una distancia menor que 2 km de una antena transmisora de señales de televisión, el riesgo de leucemia estaba aumentada 1,83 veces (IC 95%=1,22-2,74) en relación a quienes residen a mayor distancia.

Estos hallazgos eran consistentes en los períodos entre 1974-1980 y entre 1981-1986.

Hocking *et al.* (28) estudiaron la asociación entre el incremento de la incidencia y mortalidad por leucemia en proximidades de antenas de transmisión de televisión en Australia. La densidad energética era de $8,0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ cerca de las antenas, $0,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ a una distancia radial de 4 km, y de $0,02 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ a 12 km. Para todas las edades, la incidencia para leucemia estaba aumentada en 1,24 veces (IC 95%=1,09-1,40). Considerando solo los niños, la incidencia de leucemia estaba aumentada en 1,58 veces (IC 95% = 1,07-2,34) y la mortalidad aumentada en 2,32 veces (IC 95%=1,35-4,01). El RR para morbilidad para leucemia linfocítica infantil era 1,55 (IC 95%=1,00-2,41), y para mortalidad 2,74 (IC 95%=1,42-5,27). No se han detectado aumentos de incidencia o mortalidad por cáncer cerebral.

Efectos de la radiación electromagnética de teléfonos móviles y de las antenas repetidoras

Los teléfonos móviles emiten radiaciones electromagnéticas de altas frecuencias para la transmisión de voz y datos hacia las antenas repetidoras, sin embargo, también generan ondas electromagnéticas de bajas frecuencias, asociadas a la funcionalidad del aparato telefónico mismo.

Dado lo anterior, es necesario, abordar el tema de los impactos a la salud, en sus dos componentes:

- a. Efectos de la exposición a los aparatos telefónicos móviles, durante el tiempo de la llamada
- b. Efectos de la exposición a radiación RF proveniente de teléfonos móviles en niños
- c. Efectos de la exposición a las antenas repetidoras, de manera permanente.

a. Efectos de la exposición a los aparatos telefónicos móviles durante el tiempo de la llamada

Estos efectos han sido menos estudiados que los anteriores, sin embargo ya existe un número creciente de personas que describen una serie de sintomatologías, posibles de medir clínicamente, por las cuales se demostraría un deterioro funcional durante el tiempo de exposición a altas dosis de

radiaciones electromagnéticas de altas frecuencias (tanto de los aparatos móviles, como de las antenas repetidoras). Adicionalmente, existen personas aparentemente asintomáticas, donde estos efectos pueden estar alterando, paulatinamente, diversos mecanismos de comunicación intra e extracelular, tejidos y órganos por mecanismos bioeléctricos y bioquímicos, cuyos efectos diferidos demoran más de 10 o a veces 20 años en manifestarse. Por la demora en producirse estos potenciales efectos diferidos, es prematuro buscarlos y encontrar efectos evidentes. Aún cuando ya se han demostrado algunos de estos efectos diferidos, también es posible hacer extrapolaciones de los efectos causados por ondas electromagnéticas de emisores de televisión, que sí producen efectos evidentes, y del efecto de ondas de muy baja intensidad y de baja frecuencia (50 Hz) de tendidos eléctricos domiciliarios o equipos electrodomésticos, para los cuales sí se han demostrado efectos diferidos sobre la salud (*vide supra*) dado que los seres humanos han estado expuestos por muchos más años a éstos.

Taurisano *et al.* (29) han demostrado elevación de temperaturas superficial y profunda en tejidos de la cabeza expuestos localmente a radiación electromagnética de 900 MHz proveniente de teléfonos celulares, indicando que el efecto térmico puede alcanzar al tejido cerebral, con sus consiguientes efectos adversos para la salud.

Se ha medido experimentalmente los efectos de la radiación electromagnética similar a la de algunos equipos telefónicos celulares, de 900 MHz, con frecuencias de repetición de 217 Hz y el ancho de pulso de 0,6 milisegundos. La exposición de animales de experimentación (ratones) a este tipo de radiación causa en éstos un riesgo relativo de 2,4 en relación a animales controles para desarrollar linfomas (30).

Los primeros estudios que se han realizado han sugerido, de una manera no concluyente, una mayor frecuencia de tumores cerebrales en usuarios de teléfonos celulares (31). Muscat (32) demostró **aumento significativo de tumores neuroepiteliales cerebrales en el hemisferio cerebral del lado de uso del teléfono celular**, en comparación con hemisferio cerebral contralateral. Más tarde, otros autores han demostrado, ya de manera más concluyente, que existe un importante aumento del riesgo de desarrollar un neurinoma acústico (33) en el lado del uso del teléfono celular, por 10 o más años, riesgo relativo 3,9, (1,6-

9,5); han demostrado además la asociación del uso del teléfono celular con otros tumores malignos (34), incluido el linfoma no-Hodgkin (35).

Se ha demostrado que la exposición *in vitro* de leucocitos humanos a radiación electromagnética de frecuencias usadas en telefonía celular causa un efecto genotóxico (aneuploidía del cromosoma 17) a intensidades que no producen efecto térmico, apoyando la hipótesis que los efectos que se producen ocurren por mecanismos no térmicos (36). Posteriormente, un estudio realizado en voluntarios sanos de los efectos de radiación electromagnética a intensidades no térmicas del Sistema Global de Comunicaciones por Telefonía Móvil (GSM), comparando diferentes frecuencias (37) ha demostrado alteraciones en la conformación de la cromatina de linfocitos humanos, que indican efectos genotóxicos y efectos de stress. Dicho estudio ha demostrado un efecto en la proteína 1 receptora supresora de tumores p53 de manera similar a un choque térmico, y que dicho efecto era variable dependiendo de la frecuencia del *carrier*. Lo anterior puede ser uno de los mecanismos que favorecen el desarrollo del cáncer causado por exposición crónica a radiación electromagnética de la telefonía GSM.

Se ha demostrado también que los campos electromagnéticos emitidos por teléfonos celulares alteran los electroencefalogramas, principalmente durante actividades que involucren memoria (38). Esto muestra efectos sobre la función del sistema nervioso central. De igual manera, se ha demostrado que durante el uso de los teléfonos celulares, hay un cambio en la temperatura de tejidos vecinos, vasodilatación en ellos, y un aumento del contenido nasal de óxido nítrico (NO) por la cavidad nasal del lado del teléfono, pero no en la cavidad nasal contralateral (39).

Se han detectado efectos biológicos tales como un aumento de la permeabilidad de la membrana de eritrocitos humanos con densidades atérmicas de radiación electromagnética de 2450 MHz (40).

Se ha demostrado igualmente que la radiación electromagnética de la telefonía celular GSM (Global System for Mobile Communication) altera en mamíferos la barrera hematoencefálica, causando filtración de albúmina desde los vasos sanguíneos al tejido cerebral,

y que ésta sería la causa del daño neuronal en la corteza cerebral, hipocampo y ganglios basales (41), se realizaron estudios funcionales del sistema nervioso en humanos.

Hinrikus *et al.* (42) demostraron en voluntarios sanos que (a) la exposición a microondas de 450 MHz, modulada a frecuencias entre 7 y 1000 Hz, altera las señales electroencefalográficas, aumentando principalmente los potenciales electroencefalográficos α ; (b) los efectos causados por exposición a microondas varía de acuerdo a la frecuencia moduladora, lo cual significa que depende de ésta y es independiente de un efecto térmico, y (c) la sensibilidad a microondas varía de persona a persona y causa efectos en la eficiencia en la memoria visual y en el procesamiento de esta información.

b. Efectos de la exposición a radiación RF proveniente de teléfonos móviles en niños.

En los niños, y en especial en los de corta edad, el efecto de la radiación RF causa más daño, especialmente cerebral, que en los adultos. Eso se debe a que el espesor del cráneo, es decir, la distancia que debe atravesar la radiación desde el teléfono hasta el cerebro, es significativamente menor en niños que en adultos, y en especial durante los primeros años de su vida. También el cerebro está en desarrollo, por lo tanto, los efectos adversos en salud se producen en niños son más pronunciados graves que en adultos.

Hay estudios han demostrado que la absorción de la radiación por tejido cerebral es mucho mayor en niños que en adultos (43).

Otros estudios han demostrado mayores secuelas de exposición a RF provenientes de la telefonía móvil en niños que en adultos, y que estas secuelas son proporcionales al tiempo de exposición y a las horas de uso de dichos artefactos. Por ejemplo, un estudio realizado por el grupo del Dr. Grigoriev (44) ha demostrado una mayor frecuencia de secuelas en memoria, atención y de otros parámetros neurocognitivos susceptibles de ser cuantificados por el uso de esos teléfonos: aumento de trastornos de la percepción fonética, reducción de la eficiencia en el trabajo, reducción de los indicadores de capacidad de atención y memoria lógica, y un aumento de indicadores de fatiga. En este estudio se ha realizado durante 4 años el seguimiento de 196 niños de 7-12 años de edad que

eran usuarios de dispositivos móviles de comunicación, y se observó un constante empeoramiento de estos parámetros a partir de los valores inicialmente mejores, que permanecían de mejor calidad en comparación a niños controles no expuestos. Los autores de dicho estudio han advertido que las posibles consecuencias a corto y largo plazo para la sociedad de exponer a los niños a la radiación de microondas de los dispositivos de comunicación celular debe ser reconocida responsablemente a nivel mundial (44).

Resultados de investigaciones similares a los anteriores han motivado las recomendaciones del Gobierno de Rusia en cuanto a sugerir evitar en lo posible el uso del teléfono celular por niños (y también, mujeres embarazadas), y evitar acciones o propaganda comercial que incentiven el uso del teléfono por niños, tales como diseños infantiles de los dispositivos y juegos infantiles incluidos en dichos dispositivos, que incentivan el uso del uso del teléfono móvil durante la edad infantil (*vide infra*).

c. Efectos de la exposición a las antenas repetidoras, de manera permanente.

En cuanto a la **radiación electromagnética proveniente de antenas repetidoras de telefonía celular**, es necesario mencionar que es la misma que aquella emitida por los teléfonos móviles, según las frecuencias de operación de cada modelo de aparatos.

Si se efectúan mediciones de radiaciones de altas frecuencias en diversos puntos de una ciudad, incluso dentro de espacios interiores de un mismo recinto, se observará que los valores de las potencias varían drásticamente para una misma frecuencia. Esto sucede porque la radiación electromagnética emitida por antenas retransmisoras de teléfonos móviles es transmitida de manera no uniforme en ambientes urbanos. La no uniformidad se debe al patrón de emisión desde las diversas formas y características de las antenas que emiten, principalmente, en forma direccionada, y a reflexiones en diversas superficies y/o condiciones ambientales. Esta no uniformidad en el tiempo y el espacio, ha sido obviada en los estándares, donde sólo se refieren a intensidades promedio y no a los posibles picos de alta intensidad que pueden encontrarse en algunas áreas.

Es importante considerar que, al contrario de lo que normalmente se comunica, la intensidad no es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la **fente de emisión**, sino que inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la **fente virtual** para cada uno de los planos direccionales (vertical, horizontal, oblicuos, etc), que puede encontrarse a distancias bastante mayores que la fuente de emisión. En otras palabras, si la densidad electromagnética es de 100 mW/m² a un metro de la fuente emisión, la densidad a 10 metros de distancia no es 1 mW/m², como suele calcularse e informarse, sino que puede ser de 30 o aún 90 mW/m², por ejemplo. Esto se debe a la existencia de placas reflectoras que actúan como lentes ópticas convergentes para dirigir las emisiones en las direcciones que se requieren para la transmisión de las señales cuidando la eficiencia energética del procedimiento. Este argumento fue presentado por uno de los autores del presente trabajo (ANT) y aceptado por el Instituto Nacional de Normalización INN de Chile en su norma sobre radiación electromagnética no ionizante en relación a antenas repetidoras. Sin embargo, aún cuando las normas vigentes no sean excedidas, existe el riesgo de que ciertas personas sean afectadas por los microcambios de temperatura que generarían deterioros a la salud. Más aún, es imprescindible considerar la existencia de efectos no térmicos, producidos con intensidades mucho más bajas de radiación no-ionizante, cuyos efectos crónicos o diferidos sólo podrán ser detectados por estudios epidemiológicos en el largo plazo (45). Sin embargo, se pueden diseñar estudios epidemiológicos para la población sensible a las frecuencias que las afectan, por ejemplo: grupos de personas con implantes metálicos o con alguna condición de salud que los hace más vulnerables que al resto de la población, para detectar los límites de exposición máximos que ellas pueden tolerar, principalmente, por radiación permanente de las antenas repetidoras en su entorno.

No obstante, estudios epidemiológicos ya han permitido demostrar efectos en salud de la distancia de residencia con antenas repetidoras de telefonía móvil. Eger *et al.* (46) demostraron que la proporción del desarrollo de nuevos cánceres fue significativamente más alta en aquellos pacientes que habían vivido en los diez años anteriores, hasta una distancia de 400 m de una antena transmisora, que había estado operando desde 1993, comparado con los pacientes que

vivían mucho más lejos; observaron además que los pacientes se enfermaron, en promedio, ocho años más tarde.

Dode *et al.* (47) investigaron la relación entre las muertes por neoplasia y la cercanía a las antenas repetidoras, en Belo Horizonte, Brasil. Entre 1996 y 2006, 7191 muertes por neoplasia ocurrieron en un área a 500 m de las antenas repetidoras (tasa de mortalidad: 34,76 por 10.000 hab). Fuera de esta zona, se ha observado una menor mortalidad por neoplasia. La mayor incidencia acumulada fue de 583 por 100.000 en la región Centro-Sul y la menor incidencia fue de 205 por 100.000 en la región de Barreiro. Durante el monitoreo ambiental, el mayor campo eléctrico medido acumulada fue de 12,4 V/m, y el más pequeño fue de 0,4 V/m. El poder de mayor densidad fue 40,78 µW/cm² y el menor - 0,04 µW/cm².

Wolf *et al.* (48) demostraron epidemiológicamente un aumento en 4,15 veces de la incidencia de cáncer en habitantes de Netanya, Israel, residentes a menos de 350 m de una antena repetidora de telefonía móvil, en comparación a residentes a mayor distancia (p<0,0001).

Santini *et al.* (49) realizaron estudios en 270 hombres y 260 mujeres que vivían o no, en la vecindad de antenas de teléfonos celulares. Se aplicó ji cuadrado y la corrección de Yates para comparar la frecuencia de ocurrencia de 16 síntomas no específicos, donde se encontró que las personas de mayor edad eran significativamente más sensibles (p<0,05) y que la posición frontal a las antenas es la peor posición para algunos síntomas estudiados, especialmente hasta un radio de 100 m a las antenas. No hubo diferencias significativas relacionadas al tiempo de exposición (desde 1 a 5 años), excepto para la irritabilidad, que creció significativamente después de 5 años de exposición. Otros factores electromagnéticos (transformadores eléctricos, transmisores de radio y TV, entre otros) tuvieron efectos en la frecuencia de algunos síntomas reportados.

La primera parte del estudio de Santini *et al.* (50) fue realizado, también, en 270 hombres y 260 mujeres que vivían o no en la vecindad de antenas de telefonía celular, consultando por 18 síntomas no específicos.

La comparación de la frecuencia de los síntomas (con ji cuadrado y corrección de Yates) en relación a la distancia a las antenas y sexo, mostró un significativo incremento ($p < 0,05$) comparado con las personas que vivían en un radio mayor a 300 m o no expuestos a la estación base: hasta 300 m para cansancio, hasta 200 m para cefaleas, perturbación del sueño, malestares generales, entre otros, hasta 100 m para irritabilidad, depresión, pérdida de memoria, mareos, disminución de líbido, entre otros. Las mujeres, significativamente, más que los hombres ($p < 0,05$) reportaron cefaleas, náuseas, pérdida de apetito, perturbación del sueño, malestar general y perturbaciones visuales. Este fue el primer estudio que demostró que la distancia mínima de ubicación de antenas debe ser mayor a 300 m de lugares habitables.

También se ha demostrado que la radiación electromagnética RF, en densidades de campo considerablemente menores que las guías de ICNIRP, pueden influenciar algunos marcadores psicobiológicos del stress, tales como elevación de niveles cortisol y alfa-amilasa en la saliva (51).

Algunos resultados experimentales, bajo condiciones atómicas, con animales expuestos a radiaciones continuas por períodos de tiempo controlados, son los siguientes:

Esmekaya *et al.* (52) demostró que al exponer ratas Wistar a radiación modulada de 900 MHz (SAR 1,2 W/Kg) por 20 min, por tres semanas, los indicadores de malonodialdehído y de óxido nítrico se elevaron significativamente en hígado, pulmones, testículos y tejido cardíaco, en el grupo expuesto comparado con el grupo control ($p < 0,05$). Por el contrario, los niveles de glutatión decrecieron considerablemente en ratas expuestas ($p < 0,05$). Los autores concluyen que la radiación de modulación pulsada causa daño oxidativo en el hígado, pulmón, testículos y tejido cardíaco por peroxidación lipídica, incremento de óxido nítrico y por supresión de mecanismos de defensa antioxidantes.

En otro estudio se expuso a ratas Wistar de sexo masculino, de 10-12 semanas de edad, a RF emitida por teléfono móvil activo GMS (0.9/1.8 GHz), de forma continua, una hora por día durante 28 días. Los controles

fueron expuestos a un teléfono móvil sin batería en el mismo período. La cantidad de semen entre los dos grupos no tuvo mayor variabilidad y su temperatura facial no se alteró significativamente, sin embargo, la movilidad de los espermios del grupo irradiado disminuyó considerablemente, concluyéndose que este tipo de radiaciones afectan negativamente la calidad del semen y puede deteriorar la fertilidad masculina (53)

En otro estudio (54) se demostró, en la rata, que la exposición microondas crónica (15 minutos por día, durante 8 días) del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), en 1800 MHz, a tasa de absorción específica (SAR) de 2,4 W/kg, redujo la actividad excitatoria sináptica y el número de sinapsis excitadoras en cultivo de neuronas de hipocampo.

Grigoriev (55) demostró que al irradiar embriones de pollo en las frecuencias y potencias de los teléfonos móviles GSM durante el desarrollo embrionario por 21 días, la tasa de mortalidad en el período de incubación aumentó a 75%, siendo 16% en el grupo control.

Lai *et al.* (56) describieron que la exposición de ratas por dos horas continuas de radiaciones de 2450 Mhz (SAR 1,2 W/kg), causó un aumento de roturas de cadenas de DNA en células cerebrales, lo cual fue observado de inmediato y también, hasta cuatro horas después de la exposición. Por otro lado, Kesary *et al.* (57) demostraron actividad mitogénica en células cerebrales de rata expuestas *in vivo* a radiación electromagnética de 2,45 GHz. En otro estudio, Camisi *et al.* (58) demostraron especies reactivas de oxígeno y fragmentación de DNA en un cultivo celular de astrocitos sometidos a campos electromagnéticos de intensidades bajas.

Por último, se ha descrito una nueva entidad patológica, la **hipersensibilidad a radiación electromagnética**, en la cual la exposición a diversos tipos de radiación electromagnética (proveniente de artefactos eléctricos, telefonía celular, terminales de video de computadores personales) que afecta a un porcentaje no menor (pero indeterminado) de personas causando variados síntomas como cefaleas intensas, pérdida de la capacidad de concentración, depresión psicológica, entre otras, y que causan frecuente deterioro en su actividad ocupacional (59). Además, en personas

con hipersensibilidad a radiación electromagnética, sus efectos se manifiestan con mayor intensidad afectando los focos *53BP1* y *γ-H2AX* en linfocitos humanos de personas electro-sensibles (37).

GRADOS DE CERTEZA DE LA RELACIÓN CAUSA-EFECTO DE LOS PRINCIPALES EFECTOS SOBRE LA SALUD CAUSADOS POR EXPOSICIÓN A RADIACIONES “NO IONIZANTES”, SEGÚN RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE CALIFORNIA (60)

Se conoce que los campos electromagnéticos están relacionados con una mayor incidencia de diversas formas de cáncer, entre éstas, leucemia, tumores cerebrales, cáncer de mama. No obstante, se han descrito otras enfermedades que parecen tener relación con la radiación electromagnética, tales como esclerosis lateral amiotrófica, enfermedad de Alzheimer, asma bronquial, enfermedades alérgicas, aumento de incidencia de abortos, dermatitis por monitor de televisor o computador, electrosensibilidad, alteraciones neuroconductuales, cardíacas y endocrinas, etc.

A continuación se presenta un listado de las diversas enfermedades en cuya etiopatogenia puede intervenir la radiación electromagnética, clasificadas de acuerdo a la certeza que se tiene respecto del papel etiológico de dichas radiaciones de acuerdo al estudio realizado en el Programa de Campos Electromagnéticos de California, bajo el patrocinio de las autoridades administrativas y de salud del Estado de California (60). En ese programa, además de clasificar las probabilidades de causa-efecto para las radiaciones electromagnéticas y diversas patologías mediante las pautas de la IARC (International Agency of Research on Cancer), estableció las “pautas-guía de California”, de acuerdo a las cuales tres revisores expertos calificaron la información existente de acuerdo a grado de confianza de los análisis estadísticos de los trabajos publicados, y establecieron un criterio para definir si existía una relación causa-efecto para cada patología, y la probabilidad de la ocurrencia de esa relación causa-efecto.

Radiación electromagnética como etiología muy improbable (2 a 10% de probabilidad que exista una relación causa-efecto):

- Alteraciones reproductivas o de desarrollo (excluyendo abortos)
- malformaciones congénitas
- bajo peso al nacimiento
- Radiación electromagnética como carcinógeno universal (todos los cánceres)

Radiación electromagnética como factor etiológico posible (10 a 50% de probabilidades de existencia de relación causa-efecto)

- Enfermedad de Alzheimer
- Cáncer de mama masculino
- Cáncer cerebral en niños
- Problemas cardíacos, incluyendo infarto del miocardio
- Suicidio

Radiación electromagnética como factor etiológico probable (más de 50% de probabilidades de existencia de relación causa-efecto)

- Leucemia en niños
- Cáncer cerebral en adultos
- Aborto espontáneo
- Esclerosis lateral amiotrófica (enfermedad de Lou Gehring)

Radiación electromagnética posible o probable (desacuerdo entre evaluadores científicos)

- Cáncer de mama femenino
- Leucemia en adultos

Cáncer

Más arriba se han descrito los principales estudios que sugieren que la exposición a radiación electromagnética, tanto ELF como de radiofrecuencia, aumenta el riesgo para desarrollar diversos tipos de tumores: leucemias y linfomas, cáncer de mama masculino y femenino, tumores cerebrales, cáncer de testículo, endometrio y colon, entre otros. La certeza de esta afirmación es variable de acuerdo al tipo de tumor y órgano del que se origina (60). Por ejemplo, se le ha asignado alta certeza (certeza mayor de un 50%) para la asociación de estas radiaciones con leucemia en niños y cáncer cerebral en adultos, mediana o baja certeza (entre un

10 y un 50%) para cáncer de mama masculino y para cáncer cerebral en niños, y muy baja o nula certeza para la clasificación de la radiación electromagnética como un carcinógeno universal (todos los cánceres) (certeza menor de un 10%). Una certeza del 50% significa que existen 50% de posibilidades que la asociación entre ese cáncer y la radiación electromagnética exista realmente y el 50% complementario de posibilidades que la aparente asociación fuera causada por azar en forma independiente a las radiaciones electromagnéticas

Leucemia en adultos

Kheifets ha hecho estudios metaanalíticos que han mostrado que la exposición a radiación electromagnética está asociada a un aumento de incidencia de leucemia en adultos (61), esta evidencia está basada en 43 estudios, de los cuales 23 tienen un RR sobre 1,0 y 20 sobre 1,2; el resumen metaanalítico de estos datos es 1,2 (IC 95%=1,12-1,24). La probabilidad de la asociación era entre un 10 y un 50% (60).

Leucemia infantil

Un metaanálisis realizado por Wartenberg (62) muestra un riesgo relativo de 1,4 (IC 95%=1,0-2,0). La probabilidad de la asociación era mayor que un 50% (60).

Cáncer cerebral en adultos

De los 29 estudios revisados por Kheifets en su metaanálisis (63), 23 tenían un RR superior a 1,0 ($p=0,004$), y 15 estaban sobre 1,2 ($p=0,14$); el $RR=1,2$ (IC 95%=1,1-1,3). La probabilidad de la asociación como causa-efecto era mayor que un 50% (60).

Cáncer cerebral infantil

La probabilidad de la asociación era entre un 10 y un 50% (60).

Cáncer de mama

Para el cáncer de mama femenino, debido a desacuerdo entre evaluadores del Programa de Campos Electromagnéticos de California, se ha establecido una probabilidad entre un 10 y un 90% para la asociación con exposición a radiación electromagnética; para cáncer de

mama masculino, la probabilidad de asociación era entre un 10 y un 50% (60).

Abortos espontáneos

Se ha demostrado que la exposición a radiación electromagnética, tanto ELF como la proveniente de terminales de video, incrementa en forma importante la incidencia de abortos espontáneos, principalmente al inicio del embarazo. Estudios recientes han permitido estimar, para el Estado de California, que el 40% de los 60.000 abortos espontáneos que ocurren al año, es decir, 24.000 abortos, son causados por radiaciones electromagnéticas (64-66)

Efectos neuroconductuales

Se ha demostrado la potenciación del efecto del fármaco sicoactivo clorodiazepóxido bajo la exposición de radiaciones electromagnéticas de baja intensidad (2450 MHz, pulsos de 2 μ segundos, 550 pulsos/segundo, 10 W/m²) (67). Se han demostrado también alteraciones neuroconductuales en animales de experimentación sometidos a una prueba de laberinto y a aprendizaje espacial (68, 69). También se han detectado alteraciones bioquímicas bajo el efecto de radiación electromagnética de 61 GHz, la que induce la liberación de opioides cerebrales (70). Todo lo anterior indica que este tipo de radiaciones, por distintos mecanismos propuestos, causan un efecto a distinto nivel en el funcionamiento del sistema nervioso central. Esto concuerda con las descripciones del aumento de la tasa de suicidios en trabajadores de líneas eléctricas ($RR=2,0$, IC 95%=1,1-3,8) y en operadores de plantas eléctricas ($RR=2,7$, IC 95%=1,3-55,5) (71). También se ha demostrado una correlación dependiente de la dosis con la exposición acumulativa, expresada en microtesla/año, con 0,05 a 0,11 μ T, el $RR=1,6$ (IC 95%=1,0-2,7), y con exposiciones $>0,12 \mu$ T, el $RR=1,7$ (IC 95%=1,0-2,9) (72).

Esclerosis lateral amiotrófica (enfermedad de Lou Gehring)

Diversos autores han demostrado correlación entre la exposición a radiación electromagnética y esta enfermedad (73, 74). Ahlbom (75) ha calculado los riesgos metaanalíticos a partir de estudios previamente publicados relacionando exposición a campos magnéticos

u ocupaciones eléctricas, y encontró un $RR=1,5$ (I.C. 95% 1,2-1,7), y en dos estudios de cohorte que asignaron exposiciones electromagnéticas según matriz de exposiciones por ocupación, un RR de 2,7 (I.C. 1,4-5,0).

Enfermedad de Alzheimer

Sobel *et al.*, en dos estudios, demostraron una asociación entre exposición ocupacional a campos electromagnéticos y enfermedad de Alzheimer, con $RR = 3,0$ y $3,9$ respectivamente, con IC 95% = 1,6-5,4 y 1,5 y 10,6 (76, 77). Considerando que esta asociación fue significativa sólo en dos estudios y en varios otros la diferencia estadísticamente significativa no fue detectada, de acuerdo a las guías desarrolladas para el Programa de Campos Electromagnéticos de California (60) ha considerado con menor certeza a los campos electromagnéticos como causales de enfermedad de Alzheimer que como determinantes de esclerosis lateral amiotrófica; considerando por ejemplo, que otros factores confundentes tales como shocks eléctricos o corrientes eléctricas de contacto pudieron haber, alternativamente, influido en el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer. El rol de la exposición reciente a radiación electromagnética en la enfermedad de Alzheimer se ve apoyada por el estudio de Feychting *et al.*, en donde, en un estudio comparativo dentro de una población de mellizos y gemelos en Suecia se vio que la ocupación reciente con exposiciones ocupacionales mayores de $0,2 \mu T$ ($RR=2.4$, $IC95\%=0.8-6.9$, y $RR=2.7$, $IC95\%=0.9-7.8$), pero no la más antigua u ocupación original ($RR=0,8$, $IC 95\%=0,3-2,3$), estaba estadísticamente relacionada con la enfermedad de Alzheimer, y que la exposición ocupacional reciente estaba relacionada con la demencia ($RR=3.3$, $IC95\%=1.3-8.6$, y $RR=3.8$, $IC95\%=1.4-10.2$) (78).

Enfermedad cardiovascular

Sastre demostró que la exposición a 200 mG causa una disminución en la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la especie humana (79). Se ha asociado una disminución de la variabilidad en la frecuencia cardíaca un mayor riesgo para la ocurrencia de eventos cardiovasculares (80). En general, una disminución de la variabilidad biológica en respuesta a diversos estímulos refleja una alteración de los mecanismos de regulación homeostática que pueden prevenir el desarrollo de eventos biomédicos tales como

infarto de miocardio; estas alteraciones de los mecanismos homeostáticos suelen ocurrir cuando el individuo está sometido a agentes externos que sobrepasan el límite de la regulación homeostática en respuesta a dichos estímulos (81). En base a estos antecedentes, Savitz *et al.* (82) investigaron, por separado, las muertes causadas por arritmia, infarto agudo del miocardio, arteriosclerosis y enfermedad coronaria crónica en 138.905 trabajadores empleados en 5 empresas de electrodomésticos, y ha seguido su mortalidad entre 1950 a 1986. En este estudio, se ha calculado la exposición acumulativa a campos magnéticos basado en 2841 mediciones de campo magnético, y se ha establecido una correlación entre exposición acumulativa en μT -años y muertes por arritmia y por infarto agudo de miocardio (subgrupo considerado como vulnerable a la interferencia con el control autónomo de la frecuencia cardíaca), pero no hubo correlación con las otras causas de muerte por causas cardíacas. Los riesgos relativos para exposiciones a 0 a $<0,6$, $0,6$ a $<1,2$, $1,2$ a $<2,0$, $2,0$ a $<3,4$, y $>4,3$. μT -años era de $RR=1,00$ ($IC 95\%=1,0-1,0$), $RR=1,14$ ($IC 95\%=1,04-1,26$), $RR=1,19$ ($IC 95\%=1,08-1,31$), $RR=1,35$ ($IC 95\%=1,22-1,48$) y $RR=1,62$ ($IC 95\%=1,45-1,82$) respectivamente (82).

MECANISMOS PROPUESTOS PARA LOS EFECTOS BIOLÓGICOS DE RADIACIONES "NO IONIZANTES"

Los mecanismos propuestos son:

- Efectos térmicos.
- Efectos no térmicos
 - * melatonina
 - * ferritina
 - * ornitín descarboxilasa y poliaminas relacionadas
 - * alteraciones en la membrana celular
 - * aumento de permeabilidad de la barrera hematoencefálica
 - * proteínas de choque térmico (HSP)
 - * cambios endocrinos
 - * mastocitos e histamina
 - * mutagenicidad
 - * imprinting

Efectos térmicos

Las radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia, dependiendo de su intensidad, producen una elevación

térmica de los tejidos. La mayoría de las normas internacionales consideran que los mecanismos implicados en los efectos biológicos principales involucran un efecto térmico, y se basan en los efectos térmicos inducidos por estas radiaciones. Una elevación de la temperatura puede afectar el funcionamiento de diversos sistemas biológicos y si es más pronunciada, causar un daño irreversible. No obstante, aún las elevaciones moderadas inducen la síntesis, por parte de las células afectadas, de proteínas de choque térmico (HSP), las cuales por un lado protegen a las células contra las altas temperaturas y otras condiciones de stress físico o químico, pero también protegen a las células neoplásicas de la acción de agentes farmacológicos terapéuticos usados en el tratamiento del cáncer y pueden proteger a la célula cancerosa contra su destrucción por el sistema inmunológico. Además, como las HSP intervienen en la modulación de la acción de diversas hormonas, pueden afectar la acción de éstas provocando alteraciones de diverso tipo e incluso favoreciendo el desarrollo de cánceres hormono-dependientes (*vide infra*).

Los tejidos que más se alteran son los que tienen un mayor porcentaje de agua en ellos (sistema nervioso central, globo ocular), lo cual se manifiesta frecuentemente como cefaleas, insomnio, y otras alteraciones bajo el efecto de exposición a este tipo de radiaciones. En órganos con poca o nula circulación sanguínea (globo ocular) el daño puede ser mayor puesto que la pérdida de calor es más lenta.

Uno de los efectos que es considerado, por algunos autores, como térmico, es el aumento de permeabilidad de la barrera hematoencefálica. Esto permite el paso de diversas moléculas desde la sangre al cerebro, entre ellas, moléculas tóxicas que normalmente son detenidas por esta barrera (83).

Efectos no térmicos

Existen efectos que se producen bajo intensidades mucho menores que aquellas que producen efectos térmicos. Se considera que la absorción de energía bajo 0,08 W/kg para la población general y bajo 0,4 W/kg para los trabajadores no estaría produciendo efectos térmicos. Sin embargo, bajo esos niveles se pueden estar produciendo efectos por mecanismos microtérmicos, por inhibición de la secreción de la hormona melatonina por igual mecanismo que

el de la luz, por interacción con los mecanismos de repolarización de neuronas, alteración en la estructura y función de diversas enzimas, alteración de canales iónicos, u otros cambios a través de variados mecanismos, que serán analizados más abajo.

Entre los efectos microtérmicos se describe la percepción auditiva de las ondas de radar. Se piensa que estas radiaciones producen elevaciones de temperatura muy rápidas pero muy débiles (10^{-6} °C en un microsegundo). El gradiente térmico genera ondas de presión termoelásticas que se propagan a través del tejido cerebral hasta la cóclea, en donde ese estímulo es percibido como un sonido (84).

Se pueden generar también efectos indirectos, por ejemplo, corrientes eléctricas en implantes metálicos en el organismo, que causan molestias o bien alteran el funcionamiento de estos aparatos (por ejemplo, en marcapasos). La Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos de Norteamérica (FCC)⁶ en la hoja de servicio de chequeo del equipo BlackBerry bajo el número de identificación en FCC: L6ARBT70UW (85), advierte que se debe utilizar la funda aprobada por la norma RIM⁷ con una pinza integrada para el cinturón cuando se lleve el dispositivo en contacto con el cuerpo del usuario, o bien que se debe mantener una distancia de 2,5 cm entre el dispositivo y el cuerpo del usuario mientras el dispositivo BlackBerry esté transmitiendo. Además el manual de seguridad del BlackBerry agrega que los efectos a largo plazo pueden presentar el riesgo de daños graves por exceder normas de exposición a RF; indica mantener el BlackBerry alejado de dispositivos médicos, incluidos marcapasos y audífonos, ya que pueden funcionar de forma incorrecta y provocar lesiones graves o la muerte al usuario o a otras personas.

6 La Comisión Federal de Comunicaciones regula las comunicaciones interestatales e internacionales por radio, televisión, cable, satélite y cable en los 50 estados, el Distrito de Columbia y territorios de Estados Unidos de Norteamérica. Fue establecido por la Ley de Comunicaciones de 1934 y opera como una agencia independiente del gobierno Estados Unidos de Norteamérica y son supervisados por el Congreso

7 Research In Motion (RIM) es fabricante de móviles canadiense; dispone de la aprobación y certificación por la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), así como por organismos gubernamentales de Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Reino Unido, Austria, Australia y Nueva Zelanda

Se considera que la mayoría de los efectos descritos más arriba, como el aumento de la morbimortalidad por diversos tipos de cáncer bajo el efecto de radiaciones electromagnéticas de diverso tipo, tanto las de muy baja frecuencia (50 Hz), como las de frecuencias mayores (radiofrecuencias, frecuencias de microondas), son inducidos por mecanismos no térmicos.

La radiación electromagnética también aumenta la proliferación celular, en especial en algunas líneas celulares tumorales (86), contribuyendo a incrementar el desarrollo de tumores.

Melatonina. Stevens *et al.* (87, 88) propusieron que los bajos niveles de luz en horas nocturnas o las radiaciones electromagnéticas causan una disminución de la secreción de melatonina. Se ha demostrado que la melatonina disminuye la tumorigénesis mamaria en animales de laboratorio. Se ha demostrado que la exposición continua a campos electromagnéticos potenciaba la proliferación celular de líneas de células de cáncer de próstata y cáncer de endometrio (89). Henshaw *et al.* analizan en 2005 las evidencias que sugieren el papel de la melatonina en el aumento de riesgo de leucemia infantil (90).

Ferritina. Shao (91) propuso que la ferritina, marcador tumoral que se presenta en altas concentraciones en pacientes portadores de varios tipos de cáncer, puede estar involucrada en el desarrollo de tumores inducidos por radiación electromagnética.

Ornitín descarboxilasa y poliaminas relacionadas. Se las ha relacionado con la inducción de crecimiento tumoral. Se ha demostrado que la exposición a diversas radiaciones electromagnéticas a intensidades bajas induce en diversos cultivos celulares y también in vivo aumento de la concentración celular de ornitín descarboxilasa (92). Estos antecedentes permiten suponer un posible mecanismo que favorecería la carcinogénesis inducida por estas radiaciones.

Alteraciones en la membrana celular. Las radiaciones electromagnéticas afectan diversos canales iónicos de las membranas celulares (93) y aumentan el paso de calcio a través de las membranas celulares (94), proceso en el cual parecen estar involucrados los radicales libres (95).

Aumento de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica. Esta aumenta en forma considerable bajo la acción de radiación electromagnética (96), permitiendo el paso de sustancias tóxicas que normalmente no pueden atravesar esta barrera, afectando así el sistema nervioso central.

Proteínas de choque térmico (HSP). Estas pueden también ser inducidas por exposición a niveles sub-térmicos de radiación electromagnética, tal como se ha demostrado experimentalmente en el nemátodo *Caenorhabditis elegans* (97). Las proteínas de choque térmico, como se ha mencionado más arriba, pueden proteger a las células cancerosas contra su rechazo inmunológico y a la vez modificar la acción de diversas hormonas.

Cambios endocrinos. Se han descrito aumento de secreción de opioides bajo el efecto de radiaciones electromagnéticas (70). También se conoce que la melatonina puede modificar los niveles de estrógeno y de prolactina, lo cual puede modificar el riesgo y el pronóstico para varios cánceres hormono-dependientes. Las proteínas de choque térmico también pueden modificar la acción de diversas hormonas vía interacción con receptores hormonales.

Mutagenicidad. Existen diversos estudios que demuestran efectos mutagénicos en animales de experimentación o en células en cultivo. No obstante, ya existe información en el ser humano. Esta información se basa en un estudio de una población de 235.635 niños nacidos poco tiempo después de dos censos diferentes en Suecia; sobre los cuales se realizó un seguimiento desde su nacimiento hasta los 14 años de edad, y los casos de cáncer fueron obtenidos del registro de cáncer sueco. No se encontró una asociación entre cáncer y exposición ocupacional materna a los campos magnéticos. Por el contrario, se demostró que la exposición paterna = ó $> 0,3 \mu\text{T}$ estaba asociada a un aumento de riesgo de leucemia infantil (RR=2,0, IC 95%=1,1-3,5) (98)

Imprinting. La exposición perinatal o durante la infancia a radiación electromagnética puede provocar cambios en la diferenciación de diversos tipos celulares, que se manifiestan mucho más tarde como cambios irreversibles cuantitativos y cualitativos en receptores de diversas hormonas. Esto puede causar en forma diferida la predisposición para desarrollar diversas patologías en etapas más tardías de

la vida (99-101). La inducción de proteínas de choque térmico es un claro indicio que el fenómeno imprinting puede desarrollarse, en forma directa por la radiación electromagnética, o bien indirectamente, a través de la modificación de los niveles de diversas hormonas que inducen imprinting, tales como las hormonas del stress (catecolaminas, glucocorticoides, hormona de crecimiento, prolactina, endorfinas) y la melatonina.

Un posible efecto causado por este mecanismo es el desarrollo de cáncer cerebral desarrollado en forma diferida después de la exposición prenatal a campos electromagnéticos ELF por el uso de frazadas eléctricas (RR=2,5, IC 95%=1,1-5,5) (102).

RESULTADOS EXPERIMENTALES QUE CONTRIBUYERON A NUEVAS NORMAS Y DECISIONES RESPECTO DE LOS EFECTOS EN SALUD DE LA TELEFONÍA MÓVIL

Entre los años 1974 y 1991, en la Unión Soviética se realizaron los estudios de los efectos biológicos (en animales de experimentación) de radiofrecuencias de 2375 MHz, de 10 a 1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, los que dieron origen a las normas soviéticas y actuales de Rusia. Más tarde, se realizó un estudio con científicos rusos y franceses que utilizando las técnicas de aquella época y además otras desarrolladas recientemente, confirmaron los resultados obtenidos anteriormente en la URSS (103). En estos estudios la administración a ratas preñadas de suero de ratas adultas expuestas a 500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \times 7 \text{ h}/\text{día} \times 30 \text{ días}$ (2375 MHz) se demostró que causaba infertilidad, aumento mortalidad fetal (abortos), disminución de fetos que llegan a término, y baja sobrevivencia postnatal de las crías (103, 104).

Hasta este momento no existe ningún trabajo publicado respecto de los potenciales efectos diferidos (e irreversibles) de la exposición prenatal o perinatal a radiofrecuencia de telefonía celular que se haya demostrado como generado por el mecanismo del imprinting o desprogramación celular, los que de ocurrir estarían determinando el desarrollo de diversas patologías más tarde en la vida (100, 101, 105, 106). No obstante, ya existen estudios que prueban deterioros importantes en el feto, que se manifiestan de manera diferida en el niño, producto de la exposición prenatal y perinatal a tecnologías móviles y otras fuentes de radiación microondas. Por ejemplo, se ha propuesto una

relación entre exposición a radiación electromagnética y desarrollo de autismo (107, 108).

De acuerdo a un reciente informe de la Organización Mundial de la Salud OMS se ha descrito un aumento de gliomas causado por electrofrecuencia de telefonía celular, y se ha clasificado el uso de telefonía celular como probable causante de cáncer, en nivel 2b, afirmando que: "no está claramente establecido que de hecho aumente el cáncer", o "que hay reducida evidencia de carcinogenicidad en humanos, pero suficiente en animales de experimentación", y admitiendo que se ha detectado "una débil pero cierta evidencia de genotoxicidad", es decir, daño en el genoma o en su expresión, aunque no se sepa cómo se ha producido.

La Comisión de Medio Ambiente del Consejo de Europa, que propuso "la prohibición de todos los teléfonos móviles o sistemas WiFi de las clases y colegios", aunque luego solo reclamó que se redujera su uso. El redactor del informe, Jean Huss, recordó cuánto tiempo pasó hasta tomar conciencia del peligro "del amianto, la gasolina con plomo y el tabaco".

En Rusia se han establecido las siguientes medidas para proteger a su población, a través su Comité Nacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes:

1. Cada teléfono móvil debe tener un rótulo que diga que es fuente de Radio Frecuencias Electromagnéticas.
2. En la Guía del Usuario se debe incorporar una frase que diga que las Radio Frecuencias Electromagnéticas son dañinas para la salud.
3. El uso de teléfonos móviles no es recomendable para niños menores de 18 años por la Sanitary Rule SanPiN 2.1.8/2.2.4.1190-03, p 6.9.
4. El uso de los teléfonos móviles no es recomendable para embarazadas para proteger a su feto.
5. La mejor manera de protegerse de estas radiaciones es alejando el aparato del cuerpo y acortando el tiempo de las llamadas.

Además, se ha propuesto y aprobado en Rusia, lo siguiente:

- a. Se deben incluir en los establecimientos educacionales clases de uso de los teléfonos móviles y protecciones contra radiaciones no ionizantes en general.

- b. Es importante definir tiempos máximos de uso del celular en niños y adolescentes.
- c. Prohibir todo tipo de publicidad que incentive el uso de teléfonos móviles en niños y adolescentes y su participación en toda publicidad relativa a ellos.
- d. La agencia está lista para conducir programas de teleaudiencia masiva para explicar y aportar con los nuevos impactos de los campos electromagnéticos en la salud.
- e. Para los nuevos desarrollos de productos mejores criterios se deben aplicar que incluyan procesos bioeléctricos y las características del desarrollo humano a lo largo de su vida, deben quedar reflejados en un documento legal.
- f. Es necesario desarrollar un programa nacional, financiado por el estado, para estudiar posibles efectos a la salud provenientes de la exposición crónica a campos electromagnéticos de cerebros en vías de desarrollo.

RECOMENDACIONES DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD Y NORMAS PARA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA NO IONIZANTE EN ALGUNOS PAÍSES SELECCIONADOS.

Radiaciones de Altas Frecuencias o Microondas (RF o HF)

En diversos países se han desarrollado estudios científicos independientes a los que la OMS ha realizado y continúa realizando, para validar que las normas definidas protejan, adecuadamente, a la población. Considerando los resultados estos estudios independientes, en múltiples países, se ha adoptado el Principio Precautorio, para diversos rangos de altas frecuencias.

A continuación, podemos comparar las recomendaciones definidas por la OMS a través de su organismo asesor ICNIRP, definidas en 1998, y algunos países que han restringido sus límites de exposición a ondas electromagnéticas de altas frecuencias. Rusia y China los redujeron hace más de dos décadas, hace unos quince años Suiza, Polonia y en esta década Italia, Bélgica, entre otros países. También, aparecen las recomendaciones de entidades como el Ministerio de Salud de Salzburgo, Austria y el grupo de expertos que revisaron 2000 estudios científicos en Seletun, Noruega, para proponer nuevos límites. Ambas directrices son bastante inferiores a los que incluso tienen, en la actualidad, los países más exigentes.

Tabla 1

Recomendaciones y límites de exposición máximos a radiaciones de altas frecuencias, para público general, en países que han adoptado medidas precautorias, versus los límites vigentes en Chile, medidos en densidad de potencia, según frecuencia de operación

Frecuencia	OMS ¹ /ICNIRP Recomen	Salzburg, Austria ² Recomendado (109-111)		Seletun ³ Recom	China ⁴	Suiza ⁵ Zonas Sensibles	Rusia ⁶ , Polonia ⁷ e Italia ⁸	Bélgica ¹¹	Chile ⁹		Chile ¹⁰ desde Dic 2009 (112)		
		Todo el País	Inter						Exter	Todo el País	Antes 2009	Zonas Urbanas	Zonas Urbanas Sensibles
Mhz	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	μW/cm ²	
900-1800	450 a 900	0,0001	0,0010	0,0170	4	4,2 a 9,5	10	11 a 23	435	100	10	450 a 900	
1801-2000	900 a 1000	0,0001	0,0010	0,0170	4	6,6	10	11 a 25	435	100	10	900 a 1000	
2001-2200	1.000	0,0001	0,0010	0,0170	4	6,6	10	25	1.000	100	10	1.000 a 1.100	
2201-3000	1.000	0,0001	0,0010	0,0170	4	9,5	10	25	1.000	1.000	1.000	1.000	
3001-10000	1.000	0,0001	0,0010	0,0170	4 a 13	9,5	10	25	1.000	1.000	1.000	1.000	
10001-15000	1.000	0,0001	0,0010	0,0170	13 a 20	9,5	10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
15001-300.000	1.000	0,0001	0,0010	0,0170	20	9,5	10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Nota: Para obtener valores en μW/m² multiplicar por 10.000.

1 ICNIRP, EMF Guidelines, Health Physics 74, pág 511. 1998

2 Límites en espacios interiores y exteriores basados en el Estudio del Síndrome de Microondas, Universidad de Valencia, ver referencia 110.

3 International EMF Alliance, Seletun Statement. Oslo, Norway 3 Feb 2011

4 WHO Comparative International Limits. China: Ministry of Health, Dec 12th, 1987 and Feb 14th, 1989.

5 Antennes de Telephonie Mobile, Technologie Sans Fil et Santé, pag 21-23. Jean Pilette, Nov 2008 ; Swiss: ORNI Dec 23rd, 1999

6 Ministerio de Salud Pública de Rusia 2003: SanPin 2.1.2/2.2.4.1383-03 y SanPIN 2.2.4/2.1.8.055-96

7 Decret 28 Nov 2003 (Polonia)

8 Decreto del Primer Ministro de Italia, 8 Julio 2003, GURI N°200 29.8.2003

9 Subtel, Resolución Exenta 505, 2000, modificada con la Resolución Exenta 1672. 2002 (Chile)

10 Subtel, Resolución Exenta 403, 30 Abril 2008. Última revisión 4/1/2011. Para frecuencias de 400 a 2000 Mhz la densidad de potencia es f/2 (f en Mhz) y para frecuencias entre 2000 y 300.000 Mhz es 10W/m², con densidades de potencias menores en zonas sensibles y zonas urbanas.

11 Arrêté Ministeriel, May 7th, 1987 et Arrêté Real 10 Aout 2005 (Bélgica)

Los límites de exposición a radiaciones, de altas frecuencias, en Chile, han disminuido sólo para frecuencias de celulares que operan en el rango de 800 a 2.200, en zonas urbanas y zonas sensibles urbanas definidas como: establecimientos de enseñanza básica, hospitales, jardines infantiles, salas cuna y asilos de ancianos. En zonas rurales, las densidades de potencia, **han aumentado, incluso por sobre los límites de la OMS.**

Por lo tanto, la protección real para radiaciones microondas de la población chilena, es mínima.. Pues, para frecuencias de teléfonos móviles avanzados, internet banda ancha (vía WiFi y WiMax), y otras tecnologías, que operan en frecuencias sobre 2.200 Mhz, se han mantenido las altas radiaciones de 1.000 uW/cm², para todo el país, sin restricciones de zona. Es importante notar que la definición de zona sensible, no tiene sentido, puesto estas personas pasan tanto o más tiempo en sus casas y espacios exteriores, bajo altas potencias para frecuencias sobre 2.200 Mhz, que debieran ser, igualmente, mínimas. En su lugar, era mejor definir límites para espacios interiores y exteriores, como se ha efectuado en la ciudad de Salzburgo, Austria, atendiendo a los impactos en la salud, demostrados por el estudio científico desarrollado por el propio Ministro de Salud de esa ciudad Dr. Gerd Oberfeld.

Rusia, Polonia, Italia y China son los países que ajustado sus límites de exposición de manera drástica para todo el espectro de frecuencias. Sin embargo, son igualmente, importantes las acciones que han tomado muchos países de bajar, considerablemente, sus límites de exposición en las áreas sensibles de la población, y para todo el país.

Las recomendaciones científicas son entre 100 veces y 10.000.000 de veces inferiores varios límites de la tabla anterior. Esto significa, que las personas deben hacer esfuerzos importantes para su propia protección, evitando permanecer en lugares al exterior de edificaciones y evitar permanecer cerca de ventanas, en particular, aquellas con vista directa a antenas de telefonía móvil. Adicionalmente, deben minimizar al máximo el uso de tecnologías móviles y fijas de todo tipo, que operen con emisión de microondas como: hornos, monitores de bebés, sistemas de seguridad, entre otros.

Como referencia, los límites de exposición máximos en altas frecuencias, para público general, son cinco veces menores que los límites de exposición ocupacionales, recomendados por la OMS. Por ejemplo, para una frecuencia de 1800 Mhz el límite ocupacional recomendado por la OMS es de 4.500 µW/cm², y para 2100 Mhz es de 5.000 µW/cm².

El Parlamento Europeo, con fecha 2 de Abril de 2009, dio a conocer una Resolución relativa a la Salud y a los Campos Electromagnéticos. En este documento efectuaron un llamado a: todos sus países miembros a la OMS, a las empresas de telecomunicaciones, accionistas, y empresas privadas, para actuar, en conciencia, para disminuir los límites máximos de exposición de la población, redefiniendo productos y redes de soporte para minimizar deterioros en la salud, por la sobreexposición a radiaciones no-ionizantes (incluidas las redes de alto voltaje, y equipamientos médicos entre otros).

OPCIONES TECNOLÓGICAS FACTIBLES DE IMPLEMENTAR

Considerando que los primeros sistemas celulares utilizaban celdas que cubrían radios de varios kilómetros. A medida que el número de usuarios crecía, un mejor cubrimiento era necesario en ciertas áreas, por lo cual el tamaño de las celdas se reducía. El rango de cubrimiento era entonces entre menos de 2 kilómetros y 40 kilómetros y estaba determinado **por la potencia de la señal transmitida y la altura de la antena.** De acuerdo al radio cubierto por una celda, estas son clasificadas en macroceldas, microceldas y picoceldas.

Las macroceldas tienen un diámetro de cobertura mayor a los 1000 metros.

El uso de **microceldas** (con rango de cubrimiento entre 100 y 1000 metros) incrementa la capacidad de la red, ya que permite hacer un mayor manejo de tráfico y hace posible la utilización **de potencias de transmisión muy bajas.** Desde el punto de vista del operador, esto se traduce en ventajas adicionales como una mejor cobertura, bajos costos de la red por suscriptor y mayor eficiencia en la operación del sistema. Los requerimientos claves del sistema microcelular incluyen

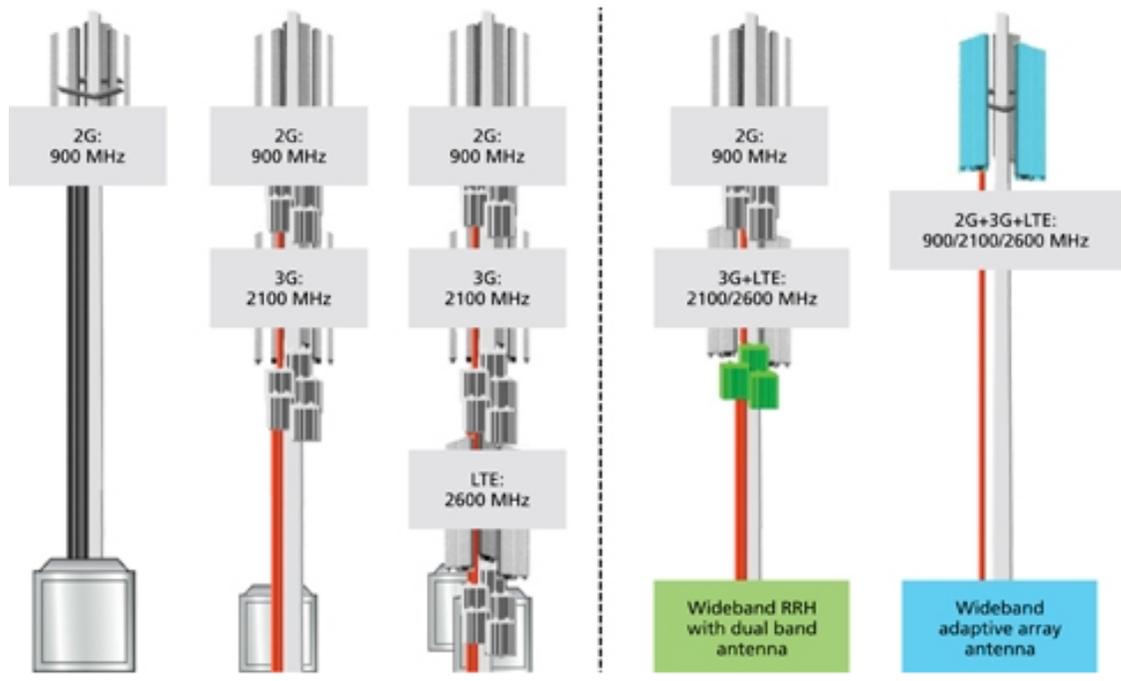
la coexistencia e interoperabilidad con los sistemas ya instalados, necesitando un desarrollo mínimo de ingeniería para su diseño.

Al reducir mucho más el tamaño de las celdas, se logran las **picoceldas** (cobrimiento menor a 100 metros). Como se sabe, una reducción en el tamaño de una

celda implica un aumento en su capacidad (manejo de tráfico), por lo que las picoceldas se utilizan para brindar cobertura en las zonas identificadas como de muy alto tráfico, tales como centros de negocios o centros comerciales, donde los usuarios tienen un patrón de comportamiento de baja movilidad y se encuentran en un ambiente cerrado.

Figura 1

Esquema de instalación de 3 antenas en un solo monoposte, con el uso de nuevas tecnologías



En la figura 1 se puede observar que 3 antenas van a quedar instaladas en un solo monoposte, usando todo el rango de frecuencias de los celulares con el uso de nuevas tecnologías.

Futura legislación y normativa en Chile

El Congreso Nacional de Chile tiene en desarrollo un nuevo proyecto de ley con el objeto fijar el régimen jurídico aplicable a los servicios de comunicación dirigida al cumplimiento de medidas de protección para la salud de la población en general ante los demostrados efectos a la salud que los campos electromagnéticos de altas y extremadamente bajas frecuencias pueden generar, materia e este estudio. Igualmente, se dejará abierta la posibilidad de nuevas restricciones en cuanto

al nivel emisiones electromagnéticas con objeto de incorporar nueva evidencia científica.

Un objetivo importante de la futura legislación es orientarse el desarrollo de las telecomunicaciones hacia antenas de menor **potencia y tamaño**.

También se pretende incorporar en la legislación el reconocimiento de **Zonas Saturadas de instalación de estructuras**, si en un radio de 100 m existen más de dos antenas, y/o **Zonas Saturadas de sistemas radiantes** de telecomunicaciones, si la potencia excede la norma que determinará la Subsecretaría de Telecomunicaciones de acuerdo Resolución Exenta considerando como referencia al promedio de las potencias de los 5 países con límites más estrictos de la

OCDE en base a las normas de emisión electromagnética. Los autores del presente trabajo proponen considerar Italia, Bélgica, Polonia, China y Rusia.

Radiaciones de Frecuencias Extremadamente Bajas (ELF)

Muchos países han disminuido, notablemente, los límites de exposición a ondas electromagnéticas en el rango de 50 ó 60 Hz, según corresponda a cada país. Particularmente, las asociadas a tendidos eléctricos, torres de alto voltaje, transformadores y subestaciones eléctricas, en recintos donde las personas permanezcan más de cuatro horas.

En adelante, sólo nos referiremos al componente de campo magnético de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes, para relacionarlos con los estudios científicos mencionados, anteriormente, en el presente estudio.

El campo magnético que generan todos los productos eléctricos tanto de consumo masivo (teléfonos móviles e inalámbricos, computadores, televisores, parlantes, automóviles, electrodomésticos, entre muchos otros) y las instalaciones eléctricas de cualquier naturaleza, pueden constituir un serio riesgo para el desarrollo de enfermedades, potencialmente, irreversibles, causadas por sobreexposición voluntaria o involuntaria, como se demostró al comienzo de este estudio.

Los límites de exposición máximos para frecuencias de 50 o 60 Hz, del público general, son mucho menores a los límites ocupacionales, recomendados por la OMS, en un factor de cinco. Es decir, límite máximo que la OMS recomienda para personas expuestas, de manera prolongada a estas radiaciones es de 500 μT , como referencia. Por lo tanto, analizaremos sólo la exposición de la población, para esta frecuencias, porque ya se encuentra sobreexpuesta, como se verá más adelante. Por, lo tanto con mayor razón, lo estarán las personas expuestas a límites ocupacionales que son mucho mayores.

Los países que tienen menores límites de exposición para frecuencias de 50 o 60 Hz son: Suecia, Noruega, Dinamarca, Holanda, Israel, Suiza, Italia, Brasil y Rusia. Sin embargo, paulatinamente, varios países han adaptado sus legislaciones o han emitido decretos/

recomendaciones para acercarse a los valores más bajos que les sean posibles, para proteger a la población.

Es importante notar que Rusia desde el año 1996 ha tenido los límites para 50 Hz en los mismos valores actuales, que además, son idénticos tanto las exposiciones públicas como ocupacionales. Sin embargo, en el año 2007, se restringieron, aún más, para el interior y el exterior de edificaciones residenciales.

En Estados Unidos no existe una legislación federal, para la frecuencia de 60 Hz. Sólo siete estados han establecido estándares para líneas de transmisión eléctricas (Florida, Minesota, Montana, Nueva Jersey, Nueva York y Oregon). Sin embargo, sólo Nueva York y Florida, establecieron límites para campos magnéticos, en la líneas bajo condiciones de máxima carga.

En la ciudad de California, EE.UU, se ha asignado un presupuesto para la inversión que significará disminuir a nuevos límites más exigentes. Además, se han definido nuevas distancias para ubicar establecimientos educacionales: 31 m para instalaciones de líneas eléctricas entre 50 y 133 kV, 46 m entre 220 y 230 kV y 107 m entre 500 y 550 kV.

En Chile, los proyectos eléctricos que se someten a aprobación, sólo se rigen por las directrices del SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) donde se menciona que se deben tomar como referencia ejemplos de otros Estados, con similares características ambientales a las del proyecto, para fundamentarlo, adecuadamente. Esto significa, que en muchas oportunidades se comparan las emisiones electromagnéticas de las instalaciones del proyecto con los límites de Estados de EE.UU, o de cualquier otro país del mundo. Al no utilizar los límites de los países más restrictivos, definitivamente, **el proyecto se aleja del objetivo fundamental, que es la protección de la población**, con alto riesgo de ser sobreexpuesta. Esto sucederá, inevitablemente, si el proyecto contempla que sus instalaciones se efectúen en lugares de permanencia o tránsito de personas o vehículos (veredas, calles, autopistas, túneles, entre otros).

Particularmente, resultará más nocivo para la salud de la población, colocar los tendidos eléctricos de forma subterránea, con el objeto de hermohear la ciudad, si

no se toman las precauciones de minimizar los campos magnéticos, pues estarán más cerca del cuerpo de las personas, que cuando eran aéreos.

En la tabla 2 (113) se muestran los límites máximos de exposición a radiaciones electromagnéticas para 50 o 60 Hz, que han adoptado diversos países, para proteger de mejor forma a la población, en algunos casos basados en el Principio Precautorio. Algunos valores son límites

máximos con fuerza de ley y otros son límites para comenzar acciones para disminuir, drásticamente, los campos magnéticos a los valores indicados, a través de acuerdos con la industria de servicios y de productos eléctricos. Las Areas Sensibles, incluyen la variable del lugar y tipo de instalación eléctrica a la que se aplica, si se especifica restricción. Las Otras Areas, son el complemento de lugares y tipos de instalaciones eléctricas, no especificadas en Areas Sensibles.

Tabla 2

Recomendaciones y límites de exposición para público general, de instalaciones eléctricas que operan en 50 y 60 Hz, en países que han adoptado algún tipo de precaución, medidos en densidad de flujo magnético, por país.

País /Estado/ Organización	50 Hz		
	Al Interior	Al Exterior	
	Toda Edificación	Areas Sensibles	Otras Areas
	μT	μT	μT
Recomendación CIPRNI (2)	100	100,0	100,0
Recomend Científicos de Seletun (3)	0,1	0,1	0,1
Suecia (4)	0,1	0,1	4,0
Noruega (5)	0,4	0,4	100,0
Dinamarca (6)	0,4	0,4	100,0
Holanda (7)	0,4	0,4	120,0
Israel (8)	1,0	1,0	30,0
Suiza (9)	1,0	1,0	100,0
Italia (10)	3,0	3,0	100,0
Rusia (11)	5,0	10,0	50,0
Eslovenia (12)	10,0	10,0	100,0

Argentina (13)	25,0	25,0	25,0
Polonia (14)	48,0	48,0	75,0
Chile (15)	N/D	N/D	N/D

País /Estado/ Organización	60 Hz		
	Al Interior	Al Exterior	
	Toda Edificación	Areas Sensibles	Otras Areas
	μT	μT	μT
Recomend IEEE Piernas y Manos (16)	63.160	63.160	63.160
Recomend IEEE Cabeza y Torso	904	904	904
Brasil (17)	3,0	3,0	83,3
Costa Rica (18)	15,0	15,0	83,3
EE.UU (Florida) (19)	15,0	15,0	N/D
EE.UU (New York)(20)	20,0	20,0	N/D

Nota: Para convertir a mG multiplicar por 10 los valores.

- (1) Fuente: Commission of European Communities, Brussels. Belgium. 1.9.2008. National Institute for Public Health and Environmental of The Netherlands. Comparison of International policies on EMF. Rianne Stam, Laboratory of Research. May 2011 WHO Standards Harmonisation Project EMF Exposure Standards Applicable in Europe and Elsewhere, Environment & Society Working Group. Euroelectric Report March2006 Normas y Recomendaciones de Campos Electromagnéticos de países mencionados en cada punto indicado ().
- (2) Comisión Internacional de Radiación No-Ionizante, Guidelines for the Frequency Range 1Hz to 100 kHz, Revisión 2010, que mantiene los límites recomendados en 1998.
- (3) El Seletun scientific panel revisó más de 2000 estudios científicos para definir nuevas recomendaciones de límites para campos electromagnéticos para frecuencias extremadamente bajas y altas frecuencias.
- (4) Medidos como valor medio anual. Areas sensibles: guarderías de niños y hogares. Sólo se permite que un 10% de los hogares tengan una o más habitaciones con 0,2 μT . Las empresas de transmisión eléctrica tienen un acuerdo voluntario para cumplir con la norma de 0,4 μT anual promedio para la instalación de nuevas líneas. Low-Frequency electrical and magnetic field: The precautionary principle for national authorities. September 1996.

- Estocolmo tiene un límite de 2 μ T. Las líneas antiguas deben cumplir con un promedio anual de 4 μ T, pero están en ajuste hacia los límites más restrictos aplicado a las áreas sensibles.
- (5) Límite de acción, en valor promedio anual. Áreas sensibles: jardines infantiles, colegios, nuevas construcciones habitacionales y todas las nuevas líneas eléctricas. Ley de Radiaciones Electromagnéticas, 12 Mayo 2000.
 - (6) Límite de acción, es decir evaluar las acciones a tomar en áreas sensibles: hogares, guarderías infantiles y colegios, implementando soluciones a un costo razonable (por ejemplo cambiando el lugar de áreas habitacionales en las nuevas edificaciones, entre otros). Desde 1993 no se permiten construcciones residenciales o para el grupo sensible, en terrenos aledaños a cualquier tendido eléctrico de alto voltaje.
 - (7) Aplicables a nuevos tendidos eléctricos, nuevas construcciones residenciales, incluyendo sus jardines, colegios y jardines infantiles. Ministry of Infrastructure & Environmental Recommendation 2007. Si se exceden los límites en alguno de estos lugares se deben vender los recintos excedidos o pagar compensaciones, pero aún no se solicita retirarlos (TSO Policy) Letter of the Ministry of Housing, Oct 2005. Reiteration of the Spacial Planing and the Environment on overhead powerlines, on letter of Nov 4th, 2008.
 - (8) Límite legal. Se han tomado las acciones necesarias para proteger a la población sobreexpuesta por sobre el límite de 1 μ T. Las edificaciones debe estar a distancias de al menos 35 m para 400 kV, 20 m para 161 kV, 3 m para 110 KV, 3m de 11 a 36 kV. Transformadores interiores a 3 m de pared colindante con lugar habitable. WHO EMF Protection.
 - (9) Límite legal, desde el 1 Feb 2000: 1 μ T para nuevas líneas eléctricas sobre la cabeza o bajo el suelo > 1kV, subestación o transformador eléctrico (nuevos y antiguos), nuevas líneas de trenes y troles. Las instalaciones existentes tienen tres años para adaptarse a estos nuevos límites. Frecuencias aplicación 0 a 300 Ghz.
 - (10) Áreas sensibles: todos los espacios de edificaciones regularmente ocupados, parques con juegos de niños y recintos en que puedan usarse para estos fines (aunque no existan construcciones aún). Para el interior de las construcciones, los límites son los que imponen las mejores tecnologías disponibles en el mercado.
Sólo se han emitido 10 excepciones para 3 μ T y 1 para 5 μ T, puesto que se han tomado las medidas operacionales y financieras para cumplir la norma de 1 μ T. 100 μ T para las instalaciones antiguas en sitios de operación (no poblados).
Límites legales, aplicables sólo a líneas eléctricas. Establishing the exposure limits, attention values and quality targets at the network of 50 Hz for power lines. Gazzetta Ufficiale Della Repubblica Italiana N°200, 29 Agosto 2003. Frecuencias cubiertas 0-100 kHz.
Límite de atención (acción inmediata) 10 μ T para sistemas públicos eléctricos, de operación normal, como valor medio diario, para lugares en donde la permanencia a la exposición es mayor a 4 hrs, en construcciones existentes.
Límite objetivo (final) 3 μ T para nuevos sistemas eléctricos públicos, de operación continua, nuevas construcciones y las áreas sensibles: hogares, colegios, y otros donde se permanezca más de 4 hrs.
Desde el año 2000, Veneto, Emilia Romagna y Toscana han impuesto el límite de 0,2 μ T como ley.
 - (11) Límites Federales Legales, división sólo por espacios interiores y exteriores: The sanity-epidemiological welfare of population. March 30th, 199 N° 52-FZ; SanPin 2.1.2 1002-00 Sanity-epidemiological requirements for living buildings and locations; MSanPin 001-96 Sanitary Norms of permissible levels for physical factors during use of domestic articles. Desde 2007 los nuevos límites son 5 μ T al interior y 10 μ T al exterior de edificaciones residenciales. Russian National Committee of Non-Ionizing Radiation Protection, 2008 Report. Otro tipo de edificaciones se rigen por las otras normas.
 - (12) Límite Legal, para instalaciones eléctricas < 1 kV. Áreas sensibles: hospitales, resorts de salud, áreas residenciales, edificaciones turísticas, jardines infantiles, recintos deportivos, parques y recintos recreativos, centros públicos, que incluyen servicios y restaurantes. Decreto para radiaciones electromagnéticas en espacios abiertos y habitables, 1996. Rev 2004.
 - (13) Límites legales. Resolución de la Secretaría de Energía de la Nación, SE 77/98.
 - (14) Aplicable a líneas de transmisión, transformadores y estaciones de compensación \geq 132 kV
 - (15) N/D No Definidas. La Superintendencia de Electricidad y Combustibles es quien define las directrices generales de seguridad para instalaciones eléctricas, principalmente para contar con la adecuada franja de seguridad. Sin embargo, los proyectos eléctricos que imponga algún riesgo, son sometidos al SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) donde se pueden utilizar las normas de Estados con similares características medioambientales, para fundamentar su factibilidad. Reglamento de la Ley 19.300 de Medioambiente fue modificado por el Decreto 95 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, publicado en el Diario Oficial del 07.12.2002. "Artículo 7.- Las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos de evaluar si se generara o presenta el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), ambas del artículo 11 de la ley, serán aquellas vigentes en los siguientes Estados: República Federal de Alemania, República de Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Confederación de Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de Norteamérica, Nueva Zelandia, Reino de los Países Bajos, República de Italia, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza. Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea similitud, en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local."
En algunos casos se usan los límites de la ciudad de Nueva York o países, según se adecuen al proyecto, sino se comparan con los límites recomendados del ICNIRP. Es decir, no hay un valor definido para las emisiones magnéticas, según el tipo de proyecto.
 - (16) Institute of Electric and Electronic Engineers C95.6. 23 October 2002. Page 11 y 12. Referencia para acción desde 904 μ T para la cabeza y el torso; para todo el cuerpo 10 kV/m medido en derecho de paso bajo la línea y manos y piernas es desde 63.160 μ T eléctrica.
 - (17) El límite de 83.3 μ T se aplica a líneas de transmisión, distribución, subestaciones y generadores > 1 kV, en la superficie de las unidades. ABNT-NBR 15415. En Sao Paulo, desde el 2005, las normas son de 10 μ T en promedio de 24 hrs, para las instalaciones existentes > 69 kV y 3 μ T para las nuevas instalaciones > kV 69. Asociación Brasileña de Estándares Técnicos. Rev 27 Mayo 2011.
 - (18) Líneas eléctricas sobre la cabeza, medidas al borde del derecho de vía peatonal. Reglamento general para el desarrollo y operación de obras de transmisión de electricidad, relativo a campos electromagnéticos y otros aspectos ambientales. Alcance 95-A, La Gaceta 248, 22 Dic 1998. Pronto a ser ley.
 - (19) 15 μ T para instalaciones eléctricas de 230 kV y 20 μ T para instalaciones eléctricas de 500 kV. N/D: No definido el límite en otras áreas, pues sólo se definieron para lo que se ha indicado.
 - (20) Límites sólo para líneas de transmisión eléctricas, medidos a la orilla de la franja de seguridad, sólo en áreas residenciales. N/D: No definido, en otras áreas, pues sólo se definieron para lo que se ha indicado.

Por qué existen enormes diferencias en las recomendaciones para definir los límites máximos de exposición a radiaciones no ionizantes?: Elementos para análisis.

La principal razón de la gran diferencia entre los límites propuestos por los organismos asesores de la OMS (ICNIRP, IEEE, entre otros) y definidos por los científicos que han realizado estudios, independientes a la OMS, es que los primeros, sólo se han considerado los **efectos térmicos** que puedan producirse en el cuerpo humano. Es decir, para prevenir de daños de quemaduras y efectos de corto plazo, como shocks eléctricos. Con este fin, se definió que a una distancia determinada del objeto radiante, si la temperatura del área expuesta, no sube más de 1° C, durante 6 segundos, no habrían riesgos de efectos negativos para la salud. Lo cual, es válido considerar para múltiples tecnologías del espectro de frecuencias.

Sin embargo, las tecnologías móviles o fijas, que operan en frecuencias que nuestros sistemas biológicos son capaces de reconocer e interactuar, **sin** que exista un efecto térmico de por medio, necesariamente, imponen mayores riesgos al organismo. En particular, en la comunicación de voz y datos, se utilizan frecuencias moduladas pulsadas, bioactivas para el ser humano, las cuales se acoplan a la onda de alta frecuencia que actúa como *carrier* o señal portadora.

Otro aspecto que hay que considerar es que la medición de 6 minutos para controlar la exposición en las tecnologías bioactivas (móviles o fijas), no tiene sentido, como medida de protección. Las siguientes son algunas de las razones:

1. La población **está bajo una permanente exposición** a ellas, de forma voluntaria o involuntaria, produciéndose efectos de sobredosis, por las múltiples exposiciones, simultaneas, a diversas frecuencia durante el día y la noche.
2. La **existencia de una enorme variabilidad de potencias de este tipo de ondas en el tiempo y el espacio**. Primero, porque se producen altos peaks durante el día; segundo, cada persona recibirá diferente exposición por los múltiples efectos pantalla o de amplificación potencias

por reflexiones en objetos metálicos y por las geometrías propias de los objetos que atraviese la proyección el haz de radiación; tercero, las distancias a las fuentes radiantes (de productos y sistemas de soporte o antenas) son relevantes para determinar grupos de personas que siempre tendrán una mayor sobreexposición; y cuarto, el tiempo de exposición es una variable fundamental en el análisis. Por lo mínimo, las potencias debe ser medidas por día, considerando los *peaks* y promedios por tramos, no como promedio en 6 minutos, en cualquier momento del día.

Por lo tanto, la sola consideración térmica, queda obsoleta y fuera de aplicabilidad para la definición de normas que protejan la salud de la población.

Además, las condiciones de salud de las personas son tan variables, que se esperan respuestas muy diversas en cada una de ellas. Entonces, ¿como definir un límite real que considere todas estas variables?.

Basta considerar los descubrimientos que los científicos han realizado respecto de los efectos de las sobreexposiciones, para tomar las medidas a tiempo, como lo han hecho ya muchos países, disminuyendo sus límites. La razón por la que Rusia instituyó, muy tempranamente, límites exigentes, para todo el país, fue para evitar que en el país se presenten enfermedades no vistas, en la magnitud que se observan son en los países del lado oeste.

Al considerar los *efectos no térmicos*, en la salud humana, los límites máximos de exposición son varios órdenes de magnitud inferiores a los recomendado por todos los organismos asesores de la OMS. Sin embargo, ellos aún no reconocen la posibilidad de su existencia, asegurando que no existe estudio científico alguno, que pruebe la existencia de riesgo para la salud fuera de las consideraciones *estrictamente térmicas*, que ellos ya han cubierto.

Hay que definir criterios para planificar el tipo de salud que se inducirá en el país con nuevos límites para radiaciones no ionizantes, y en base a ellos elegir las recomendaciones, que mejor cumplan con el objetivo:

- a. Que respeten la calidad de vida de las personas. Esto significa, no disminuir su funcionalidad y productividad, aún cuando no exista un diagnóstico de enfermedad, sólo sintomatologías propias de sobreexposición, que son muy oscilantes en el tiempo. *Esto podría inducir a adoptar las recomendaciones más restrictivas.*
- b. Que eviten o disminuyan la aparición de enfermedades diagnosticadas que son evitables. *Esto podría inducir a adoptar recomendaciones intermedias.*
- c. Que no anticipen las enfermedades, esperables en el largo plazo, por las propias condiciones genéticas de la población, sobre la base de información clínica más difícil de detectar en tiempo presente. *Esto podría inducir a adoptar recomendaciones menos restrictivas, dado el desconocimiento que, actualmente, existe.*

Particularmente, para la exposición ocupacional, las normas deben ser más restrictivas que las normas de público general. Sin embargo, en la práctica las normas se han definido a la inversa, en todos los países.

CONCLUSIONES

Las evidencias científicamente comprobadas que la exposición a ELF (domiciliaria, tendidos de alta tensión), RF o microondas constituyen un factor de riesgo para la salud humana, son:

1. Aumentan el riesgo de cáncer, por exposición a radiaciones electromagnéticas, el cual tiene un efecto diferido que tiene un largo período de latencia.
2. Existen múltiples efectos negativos causados por mecanismos no térmicos, a niveles miles de veces más bajos que los límites de la actual legislación nacional.
3. La evidencia científica sugiere con alta probabilidad que los efectos adversos para la salud también se producen por las antenas transmisoras de telefonía celular y por los mismos teléfonos celulares. Por lo tanto, ya existe suficiente información para concluir que pueden generar una serie de deterioros paulatinos, antes de que se pruebe en un 100% que son cancerígenos.

4. Existen, también estudios científicos que no han demostrado efectos adversos. Esto se puede explicar porque para encontrar diferencias estadísticamente significativas en donde, realmente, existen diferencias depende del número n de las muestras a comparar. Si el número de casos o el n de la población estudiada es pequeño, no se encontrarán diferencias estadísticamente significativas, aún cuando sí se pueden demostrar diferencias significativas para la misma población en estudio cuando el número n es mayor. Otra alternativa, es que se generen experimentos diseñados para no encontrar lo que no se quiere buscar.

RECOMENDACIONES

Las autoridades deben priorizar y resolver la grave problemática de salud que hoy existe, con la imposición de radiaciones no ionizantes a la población a niveles que no protegen su bienestar o su salud.

Los principales acciones que deben implementarse, al más breve plazo son las siguientes:

1. Aplicar el PRINCIPIO PRECAUTORIO, para definir límites máximos de radiación no-ionizante, en todo el espectro de frecuencias, que protejan la salud de los chilenos, priorizando las frecuencias desde 900 a 10.000 mHz y 50 Hz. Los nuevos límites deben ser los más exigentes, que sean posibles, con el compromiso de las industrias involucradas y las entidades del Estado encargadas de hacer cumplir las nuevas normas. Es importante que las nuevas normas se apliquen a todo el país y no sólo a ciertas zonas. Si se definen zonas sensibles, deben incluirse todo tipo de establecimientos educacionales, en todos los niveles, áreas residenciales, clínicas, hospitales, parques de diversión y deportivos, lugares de trabajo, entre otros.
2. Crear instancias de ACCESO A LA INFORMACIÓN en la legislación para proteger a la población de daños,

- potencialmente, graves a la salud. Esto significa que tanto SUBTEL y las empresas de telecomunicaciones, entre otras, deben proveer de manera inmediata, la información actualizada y en línea por Internet de las radiaciones de cada una de sus antenas. Investigar el sistema de control de radiaciones de altas frecuencias de Israel, que se implementará en el futuro.
3. Crear CONCIENCIA DE PROTECCIÓN en toda la población, particularmente, en los niños, adolescentes, adultos mayores, embarazadas, para evitar ser irradiados voluntaria o involuntariamente. Utilizar todos los canales de difusión que sean necesarios, para comunicar los reales riesgos a los que se exponen, para que tomen una decisión informada. Evitar acciones y avisaje comercial que incentiven a los niños el uso de teléfonos móviles (diseños infantiles, incorporación de juegos infantiles en ellos).
 4. Crear instancias de PLANIFICACIÓN PARA NUEVOS CAMBIOS EN LAS LEYES DE MÚLTIPLES MINISTERIOS, donde las autoridades que les competen (Ministerio de Salud, Ministerio del Trabajo, Ministerio de Educación, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Municipalidades, entre otros), deberán proponer leyes que reduzcan o eviten el uso innecesario de tecnologías móviles. Es decir, pueden ser reemplazadas por tecnologías convencionales anteriores (teléfono con cable, Internet por cable), prohibir el uso de WIFI y WIMAX, en todos los lugares de trabajo y establecimientos educacionales, para todos los niveles educacionales, donde los servicios se pueden disponer, con igual o mejor calidad, vía cable. Minimizar o prohibir el uso de teléfonos móviles en espacios, congestionados de personas y con entornos de metal (metro, buses, trenes, vehículos, al interior de cualquier edificación, entre otras), pues la radiación microonda, se amplifica al interior de estos espacios. Para el caso, de nuevas construcciones, modelar las radiaciones estimadas provenientes de antenas y prevenir la sobreexposición de quienes las habitan: mallas de protección para las paredes, pinturas antirradiación en cielos rasos o prohibiendo su construcción en el área de riesgo, o simplemente, reubicando las edificaciones con mayor riesgo para sus habitantes.
 5. Crear un comité de un NUEVO DESARROLLO TECNOLÓGICO, conformado por expertos de diversas universidades para proponer las mejores soluciones disponibles en el mercado o con posibilidad de que se generen proyectos de innovación tecnológica donde Chile pueda competir o liderar, en conjunto con los expertos de la industria de telecomunicaciones y empresas que generan o comercializan productos de otras tecnologías, que operan en el rango de altas frecuencias.
 6. Definir NUEVOS PROTOCOLOS DE MEDICIÓN de radiación para altas frecuencias de tecnologías móviles. Es necesario que se incluyan mediciones en los lugares que se encuentran en el haz donde se proyectan mayores potencias. Esto significa efectuar las mediciones en diversos puntos de edificios de altura, casas en cerros habitados, y todo lugar donde se sospeche de la existencia de altas potencias, donde permanezcan personas por más de cuatro horas (pisos inferiores a techos con antenas de edificios, por ejemplo). Para el caso de productos de consumo masivo, los requisitos de baja emisión de campos electromagnéticos deben revisarse desde el momento que ingresen al país, si son importados (aún cuando el manual de usuario asegure un cierto valor de seguridad). Lo importante, es que solamente puedan ser comercializados con la certificación de cumplimiento de las normas y con mediciones efectuadas en Chile, antes de su comercialización.
 7. Generar soluciones con SISTEMAS TECNOLÓGICOS EXISTENTES, CON COMPROBADA CALIDAD implementados en países con límites muy restrictivos. Es necesario dar preferencia a la instalación de antenas de menor potencia y tamaño, siendo la emisión electromagnética de las antenas tan baja como técnicamente sea posible para mantener los sistemas funcionando. Estableciendo el criterio ALARA (As Low As Reasonable Achievable). Un número alto de antenas de baja emisión situadas cerca de los usuarios se traduce no solo en la exposición a menores intensidades desde las antenas, sino que adicionalmente en menores potencias desde los teléfonos móviles, lo cual también contribuye a disminuir en forma significativa la exposición y los efectos adversos en

salud. Respecto de los productos y servicios que operan en 50 Hz, es importante prohibir la venta en el mercado aquéllas que no cumplan con los nuevos estándares, o bien solicitar a las empresas que las manufacturan las modificaciones requeridas cumplir con éstos (usando filtros de protección para ELF o diseñados para emitir campos magnéticos de menor intensidad).

8. Solicitar una PARTICIPACIÓN ACTIVA DE LA INDUSTRIA y DE LOS CIENTÍFICOS en la ejecución de acciones tendientes a alcanzar el objetivo, del correcto uso del espacio radioeléctrico, haciéndolo inocuo y seguro. Considerando la evidencia presentada, que los campos electromagnéticos no ionizantes no son inocuos y seguros para la salud humana con los niveles de potencia a los que hoy se expone a la población, y el desarrollo de enfermedades que no tienen un fundamento científico claro, especialmente infantiles, que se están incrementando y que es posible atribuir a la exposición a éstas, un porcentaje importante, de dichas estas enfermedades.
9. Definir al MINISTERIO DE SALUD como organismo responsable de generar los LÍMITES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN A RADIACIONES (IONIZANTES Y NO IONIZANTES), para asegurar el adecuado y oportuno ajuste de normas, ante la evidencia científica, reemplazando a SUBTEL que tiene ese función, hasta hoy.
10. Incluir en las carreras biomédicas la obligatoriedad de ramos de FÍSICA Y ELECTROMAGNETISMO APLICADOS al área biológica, para comprender de mejor forma los fenómenos y mecanismos que afectan a los seres humanos, la flora y la fauna, al convivir con un aumento exponencial de nuevas tecnologías que les imponen mayores riesgos.

Conflicto de interés: ninguna declaración

REFERENCIAS

1. Tchernitchin AN, Durán V, Urbina C. Efectos de la radiación electromagnética sobre la salud. En: *El Caso Antenas. Argumentos para una Acción Interamericana de la Ciudadanía*. S. Sepúlveda, E. Carrasco, Eds., Servimpres, Santiago, 2002, pp. 16-28
2. Tchernitchin AN, Riveros R. Efectos de la radiación electromagnética sobre la salud. *Cuad Méd Soc (Chile)* 44: 221-234, 2004
3. Olsen JH, Nielsen A, Schulgen G. Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children. *Brit Med J* 1993; 307:891-895
4. Olsen JH, Jensen JK, Nielsen A, Schulgen G. Electromagnetic fields from high-voltage installations and cancer in childhood. *Ugeskr Laeger* 1994; 156:2579-2584.
5. Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines. *Am J Epidemiol* 1993; 138:467-481
6. Li CY, Thériault G, Lin RS. Residential exposure to 60-Hertz magnetic fields and adult cancers in Taiwan. *Epidemiology* 1997; 8:25-30
7. NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences, de Estados Unidos de Norteamérica). <http://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/emf/>, acceso 26 de octubre de 2011
8. Miller MA, Murphy JR, Miller TI, Ruttenber AJ. Variation in cancer risk estimates for exposure to powerline frequency electromagnetic fields: a meta-analysis comparing EMF measurement methods. *Risk Anal* 1995; 15:281-287
9. Wertheimer N, Savitz DA, Leeper E. Childhood cancer in relation to indicators of magnetic fields from ground current sources. *Bioelectromagnetics* 1995; 16:86-96

10. Dockerty JD, Elwood JM, Skegg DC, Herbison GP. Electromagnetic field exposures and childhood cancers in New Zealand. *Cancer Causes Control* 1998; 9:299-309
11. Bates MN. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: the epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect* 1991; 95:147-156
12. Milham S, Ossiander EM. Historical evidence that residential electrification caused the emergence of the childhood leukemia peak. *Med Hypotheses*. 2001;56:290-295
13. Wolf FI, Torsello A, Tedesco B, Fasanella S, Boninsegna A, D'Ascenzo M, Grassi C, Azzena GB, Cittadini A. 2005. 50-Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: possible involvement of a redox mechanism. *Biochim Biophys Acta*. 2005;1743:120-129
14. Winker R, Ivancsits S, Pilger A, Adlkofer F, Rudiger HW. Chromosomal damage in human diploid fibroblasts by intermittent exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields. *Mutat Res*. 2005;585:43-49
15. Milham S Jr. Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. *N Engl J Med*. 1982;307:249
16. Loomis DP, Savitz DA, Ananth CV. Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States. *J Natl Cancer Inst* 1994; 86:921-925
17. Caplan LS, Schoenfeld ER, OLeary ES, Leske MC. Breast cancer and electromagnetic fields--a review. *Ann Epidemiol* 2000; 10:31-41
18. Kliukiene J, Tynes T, Martinsen JI, Blaasaas KG, Andersen A. Incidence of breast cancer in a Norwegian cohort of women with potential workplace exposure to 50 Hz magnetic fields. *Am J Ind Med* 1999; 36:147-154
19. Demers PA, Thomas DB, Rosenblatt KA, Jimenez LM, McTiernan A, Stalsberg H, Stemhagen A, Thompson WD, Curnen MG, Satariano W. Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. *Am J Epidemiol* 1991; 134:340-347
20. Guénel P, Raskmark P, Andersen JB, Lynge E. Incidence of cancer in persons with occupational exposure to electromagnetic fields in Denmark. *Br J Ind Med* 1993; 50:758-764
21. Tynes T, Andersen A, Langmark F. Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields. *Am J Epidemiol* 1992; 136:81-88
22. Armstrong B, Thériault G, Guénel P, Deadman J, Goldberg M, Héroux P. Association between exposure to pulsed electromagnetic fields and cancer in electric utility workers in Quebec, Canada, and France. *Am J Epidemiol* 1994; 140:805-820
23. Guénel P, Nicolau J, Imbernon E, Chevalier A, Goldberg M. Exposure to 50-Hz electric field and incidence of leukemia, brain tumors, and other cancers among French electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1996; 144:1107-1121
24. Stenlund C, Floderus B. Occupational exposure to magnetic fields in relation to male breast cancer and testicular cancer: a Swedish case-control study. *Cancer Causes Control* 1997; 8:184-191
25. Floderus B, Stenlund C, Persson T. Occupational magnetic field exposure and site-specific cancer incidence: a Swedish cohort study. *Cancer Causes Control* 1999; 10:323-332
26. Savitz DA, Loomis DP. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1995; 141:123-134
27. Dolk H, Shaddick G, Walls P, Grundy C, Thakrar B, Kleinschmidt I, Elliott P. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I. Sutton Coldfield transmitter. *Am J Epidemiol* 1997; 145:1-9

28. Hocking B, Gordon IR, Grain HL, Hatfield GE. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med J Aust* 1996; 165:601-605
29. Taurisano MD, Vorst AV. Experimental thermographic analysis of thermal effects induced on a human head exposed to 900-MHz fields of mobile phones. *IEEE Trans Microwave Theor Tech* 2000; 48:2022-2032
30. Repacholi MH, Basten A, Gebiski V, Noonan D, Finni J, Harris AW. Lymphomas in E-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res* 1997; 147:631-640
31. Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A, Mild KH. Use of cellular telephones and the risk of brain tumors. A case-control study. *Int J Oncol* 1999; 15:113-116
32. Muscat J. Cellular telephone use and risk of brain cancer. In: Carlo GL. Editor. *Wireless phones and health II: State of the science*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers; publicación esperada parfa fines de 2000; citado por Carlo GL, *MedGenMed* 2000, Jul 11
33. Lönn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M. Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma. *Epidemiology* 2004; 15:653-659
34. Kundi M, Mild K, Hardell L, Mattsson MO. Mobile telephones and cancer - a review of epidemiological evidence. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2004; 7:351-384
35. Hardell L, Eriksson M, Carlberg M, Sundström C, Hansson-Mild K. Use of cellular or cordless telephones and the risk for non-Hodgkin's lymphoma. *Int Arch Occup Environ Health* 2005; DOI 10:1007/s00420-005-0003-5
36. Mashevich M, Folkman D, Kesar A, Barbul A, Korenstein R, Jerby E, Avivi L. Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability. *Bioelectromagnetics* 2003; 24:82-90
37. Markovà E, Hillert L, Malmgren L, Persson BRR, Belyaev IY. Microwaves from GSM Mobile Telephones Affect 53BP1 and γ -H2AX Foci in Human Lymphocytes from Hypersensitive and Healthy Persons. *Environ Health Perspect* 2005; 113:1172-1177
38. Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, Haggqvist A, Saarela C, Revonsuo A, Laine M, Hamalainen H. Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task. *Int J Radiat Biol* 2000; 76:1659-1667
39. Paredi P, Kharitonov SA, Hanazawa T, Barnes PJ. Local vasodilator response to mobile phones. *Laryngoscope* 2001; 111:159-162
40. Sajin G, Kovacs E, Moraru RP, Savopol T, Sajin M. Cell membrane permeabilization of human erythrocytes by athermal 2450-MHz microwave radiation. *IEEE Trans Microwave Theor Tech* 2000; 48:2072-2075
41. Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BRR. Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environ Health Perspect* 2003; 111:881-883
42. Hinrikus H, Bachmann M, Lass J, Tuulik V. Effect of modulated microwave radiation on electroencephalographic rhythms and cognitive processes. *Eston J Eng* 2008; 14:91-106
43. Khorseva NI, Grigoriev YuG, Gorbunova NV. Indicadores psicofisiológicos para niños que usan comunicación telefónica móvil. Comunicación I. Estado actual del problema. (En ruso). *Radiatsionnaia biologiya Radioekologiya* 2011; 51:611-616
44. Khorseva NI, Grigoriev YuG, Gorbunova NV. Indicadores psicofisiológicos para niños que usan comunicación telefónica móvil. Comunicación II. Resultados del monitoreo por 4 años. (En ruso). *Radiatsionnaia Biologiya Radioekologiya* 2011; 51:617-623

45. Bernardi P, Cavagnaro M, Pisa S, Piuze E. Human exposure to radio base-station antennas in urban environment. *IEEE Trans Microwave Theor Tech* 2000; 48:1996-2001
46. Eger H, Hagen KU, Lucas B, Vogel P, Voit H. Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz (Efecto de estar físicamente cerca de una antena de transmisión de telefonía celular en la incidencia de cáncer). *Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 2004;17(4):1-7
47. Dode AC, Leão MM, Tejo Fde A, Gomes AC, Dode DC, Dode MC, Moreira CW, Condessa VA, Albinatti C, Caiaffa WT. Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. *Sci Total Environ*. 2011;409:3649-3665
48. Wolf R, Wolf D. Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station. *Int J Cancer Prevent*. 2004; 1(2):1-4
49. Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Symptoms experienced by people in vicinity of base stations: II Incidences of age, duration of exposure, location of subjects in relation to the antennas and other electromagnetic factors. *Pathol Biol (Paris)* 2003; 51:412-415
50. Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I Incidence according to distance and sex. *Pathol Biol (Paris)*. 2002;50:369-373.
51. Augner C, Hacker GW, Oberfeld G. Effects of exposure to GSM mobile phone base station signals on salivary cortisol, alpha-amylase, and immunoglobulin A. *Biomed Environ Sci*, 2010;23:199-207
52. Esmekaya MA, Ozer C, Seyhan N. 900 MHz pulse-modulated radiofrequency radiation induces oxidative stress on heart, lung, testis and liver tissues. *Gen Physiol Biophys*. 2011;30:84
53. Mailankot M, Kunnath AP, Jayalekshmi H, Koduru B, Valsalan R. Clinics Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. *Clinics (Sao Paulo)* 2009;64:561-565
54. Xua S, Ninga W, Xub Z, Zhoua S, Chiangb H, Luo J. Chronic exposure to GSM 1800-MHz microwaves reduces excitatory synaptic activity in cultured hippocampal neurons. *Neurosci Lett*. 2006;398:253-257
55. Grigoriev IuG. Biological effects of mobile phone electromagnetic field on chick embryo. Risk assessment using the mortality rate (en ruso). *Radiats Biol Radioecol*. 2003;43:541-543
56. Lai H, Singh NP. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics*. 1995;16:207-210
57. Kesari KK, Behari J, Kumar S. Mutagenic response of 2.45 GHz radiation exposure on rat brain. *Int J Radiat Biol*. 2010;86:334-343
58. Campisi A, Gulino M, Acquaviva R, Bellia P, Raciti G, Grasso R, Musumeci F, Vanella A, Triglia A. Reactive oxygen species levels and DNA fragmentation on astrocytes in primary culture after acute exposure to low intensity microwave electromagnetic field. *Neurosci Lett*. 2010;473:52-55
59. Hillert L, Kolmodin-Hedman B, Söderman E, ArnetzBB. Hypersensitivity to electricity: working definition and additional characterization of the syndrome. *J Psychosom Res*. 1999;47:420-438
60. Davis G, Johnson G, Bontá DM. An evaluation of the possible risks from electric and magnetic fields (EMFs) from power lines, internal wiring, electrical occupations and appliances. Draft 3 for public comment. California EMF Program, State of California, Oakland, California (2001) 329 p.
61. Kheifets LI, Afifi AA, Buffler PA, Zhang ZW, Matkin CC. Occupational electric and magnetic field exposure and leukemia. A meta-analysis. *J Occup Environ Med* 1997; 39: 1074-1091

62. Wartenberg D. Residential EMF exposure and childhood leukemia: meta-analysis and population attributable to risk. *Bioelectromagnetics* 2001; Suppl 5:S86-S104
63. Kheifets LI, Afifi AA, Buffler PA, Zhang ZW. Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer: a meta-analysis. *J Occup Environ Med* 1995; 37:1327-1341
64. Lee GM, Neutra RR, Hristova L, Yost M, Hiatt RA. The use of electric bed heaters and the risk of clinically recognized spontaneous abortion. *Epidemiology* 2000; 11:406-415
65. Lee GM, Neutra RR, Hristova L, Yost M, Hiatt RA.. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology* 2002; 13:21-31
66. Li DK, Odouli R, Wi S, Janevic T, Golditch I, Bracken TD, Senior R, Rankin R, Iriye R. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology* 2002; 13:9-20
67. Thomas JR, Burch LS, Yeandle SC. Microwave radiation and chlordiazepoxide: Synergistic effects on fixed-interval behaviour. *Science* 1979; 203:1357
68. Lai H, Horita A, Guy AW. Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the rat. *Bioelectromagnetics* 1994; 15:95-104
69. Lai, H. Spatial learning deficit in the rat after exposure to a 60Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics* 1996; 17:494-496
70. Rojavin MA, Cowan A, Radziewsky A, Ziskin MC. Anti-puritic effect of millimeter waves in mice: Evidence for opioid involvement. *Life Sci* 1998; 63:PL251-PL257
71. Kelsh MS Jr. Mortality among a cohort of electric utility workers, 1960-1991. *Am J Industr Med* 1997; 31:534-544
72. van Wijngaarden E, Savitz DA, Kleckner RC, Cai J, Loomis D. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility worker: a nested case-control study. *Occup Environ Med* 2000; 57:258-263
73. Savitz DA, Loomis DP, Tse CK. Electrical occupations and neurodegenerative disease: analysis of U.S. mortality data. *Ach Environ Health* 1998; 53:71-74
74. Johansen C, Olsen JH. Mortality from amyotrophic lateral sclerosis, other chronic disorders, and electric shocks among utility workers. *Amer J Epidemiol* 1998; 15;148:362-368
75. Ahlbom A. Neurodegenerative diseases, suicide and depressive symptoms in relation to EMF." *Bioelectromagnetics* 2001; Suppl 5:S132-S143
76. Sobel E, Davanipour Z, Sulkava R, Erkinjuntti T, Wikstrom J, Henderson VW, Buckwalter G, Bowman JD, Lee PJ. Occupations with exposure to electromagnetic fields: a possible risk factor for Alzheimer's disease. *Amer J Epidemiol*. 1995; 142:515-524
77. Sobel E, Dunn M, Davanipour Z, Qian Z, Chui HC. Elevated risk of Alzheimer's disease among workers with likely electromagnetic field exposure. *Neurology* 1966; 47:1477-1481.
78. Feychting M, Pedersen NL, Svedberg P, Floderus B, Gatz M. Dementia and occupational exposure to magnetic fields. *Scand J Work Environ Health* 1998; 24:46-53
79. Sastre A, Cook MR, Graham C. Nocturnal exposure to intermittent 60 Hz magnetic fields alters human cardiac rhythm. *Bioelectromagnetics* 1998; 19:98-106
80. Tsuji H, Larson MG, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Feldman CL, Levy D. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham heart study. *Circulation* 1996; 94:2850-2855

81. Silva H, Tchernitchin AN, Tchernitchin NN. Low doses of estradiol-17 α degranulate blood eosinophil leukocytes; high doses alter homeostatic mechanisms. *Med Sci Res* 1997; 25:201-204
82. Savitz DA, Liao D, Sastre A, Kleckner RC, Kavet R. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. *Epidemiology* 1999; 149:135-142
83. Lin JC, Lin MF. Microwave hyperthermia-induced blood-brain barrier alterations. *Radiat Res* 1982; 89:77-87
84. Chou CK, Yee KC, Guy AW. Auditory response in rats exposed to 2450 MHz electromagnetic fields in a circularly polarized waveguide. *Bioelectromagnetics* 1985; 6:323-326
85. https://apps.fcc.gov/oetcf/tcb/reports/Tcb731GrantForm.cfm?mode=COPY&RequestTimeOut=500&tcb_code=&application_id=941996&fcc_id=L6ARBT70UW
86. Cleary SF, Cao G, Liu LM. Effects of isothermal 2450 MHz microwave radiation on the mammalian cell cycle: comparison with effects of isothermal 27 MHz radiofrequency radiation exposure. *Bioelectrochem Bioenerget* 1996; 39:167-173
87. Stevens RG, Davis S, Thomas DB, Anderson LE, Wilson BW. Electric power, pineal function, and the risk of breast cancer. *FASEB* 1992; 6:853-860
88. Stevens RG, Davis S. The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer. *Environ Health Perspect* 1996; 104 Suppl 1:135-140
89. Watson JM, Parrish EA, Rinehart CA. Selective potentiation of gynecologic cancer cell growth in vitro by electromagnetic fields. *Gynec Oncol* 1998; 71:64-71
90. Henshaw DL, Reiter RJ. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? *Bioelectromagnetics*. 2005;Suppl 7:S86-S97
91. Shao T. EMF-cancer link: the ferritin hypothesis. *Med Hypothesis* 1993; 41:28-30
92. Byus CV, Hawel L. Additional considerations about bioeffects, in *Mobile Communications Safety* (ed. by Q.Balzano and J.C. Lin); Chapman and Hall London 1997; pp 133-144
93. Repacholi MH. Low Level Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields: Health Effects and Research Needs. *Bioelectromagnetics* 1998; 19:1-19
94. Dutta SK, Subramanian A, Ghosh B, Parshad R. Microwave radiation-induced calcium efflux from brain tissue in vitro. *Bioelectromagnetics* 1984; 5:71-78
95. Phelan AM, Lange DG, Kues HA, Luty GA. Modification of membrane fluidity in melanin containing cells by low level microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 1992; 13:131-146
96. Salford LG, Brun A, Stureson K, Eberhardt JL, Persson BRR. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, 200Hz. *Microsc Res Tech* 1994; 27:535-542
97. de Pomerai D, Daniells C, David H, Allan J, Duce I, Mutwakil M, Thomas D, Sewell P, Tattersall J, Jones D, Candido P. Microwave radiation induces a heat-shock response and enhances growth in the nematode *Caenorhabditis elegans*. *IEEE Trans Microwave Theor Tech* 2000; 48:2076-2081
98. Feychting M, Floderus B, Ahlbom A. Parental occupational exposure to magnetic fields and childhood cancer (Sweden). *Cancer Causes Control* 2000; 11:151-156
99. Csaba G, Inczefi-Gonda A, Dobozy O. Hormonal imprinting by steroids: a single neonatal treatment with diethylstilbestrol or allylestrenol gives a rise to a lasting decrease in the number of rat uterine receptors. *Acta Physiol Hung* 1986; 67:202-212
100. Tchernitchin AN, Tchernitchin N. Imprinting of paths of heterodifferentiation by prenatal or neonatal

- exposure to hormones, pharmaceuticals, pollutants and other agents or conditions. *Med Sci Res* 1992; 20:391-397
101. Tchernitchin AN, Tchernitchin NN, Mena MA, Unda C, Soto C. Imprinting: perinatal exposures cause the development of diseases during the adult age. *Acta Biol Hung* 1999; 50:425-440
102. Savitz DA, John EM, Kleckner RC. Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1990; 131:763-773
103. Grigoriev YG et al., Confirmation studies of Soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. *Bioelectromagnetics* 31: 589-602, 2010
104. Lyaginskaja AM, Grigorieva YG, Osipova VA, Grigorieva OA, Shafirkin AV. Autoimmune Processes after Long-Term Low-Level Exposure to Electromagnetic Fields (Experimental Results) Part 5. Study of the Influence of Blood Serum from Rats Exposed to Low-Level Electromagnetic Fields on Pregnancy and Fetal and Offspring Development. *Biophysics* 2010;55:1059-1066. Original Russian Text: A.M. Lyaginskaja, Y.G. Grigoriev, V.A. Osipov, O.A. Grigoriev, A.V. Shafirkin, 2010, published in *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*, 2010;50 (1): 28–36
105. Tchernitchin AN. Perinatal exposure to chemical agents: delayed effects by the mechanism of imprinting (cell programming). *ARBS Ann Rev Biomed Sci* 2005; 7:68-126
106. Tchernitchin AN, Mena MA. Efectos diferidos de contaminantes ambientales y otros agentes en salud reproductiva y sexualidad: un desafío pendiente de la toxicología de la reproducción para la salud de las futuras generaciones. *Cuad Med Soc (Chile)* 2006; 46:176-194
107. Kane R. A possible association between fetal/neonatal exposure to RF radiation and the increased incidence of autism spectrum disorders (ASD). *Med Hypotheses* 2004;62:195-197
108. Mariea TJ, Carlo GL. Wireless radiation in the etiology and treatment of autism: Clinical observations and mechanisms. *J Aust Coll Nutr Env Med* 2007; 26(2):3-7
109. Website of the Public Health Office, Environmental Health, Government of Salzburg, Austria: www.salzburg.gv.at/umweltmedizin
110. Oberfeld G, Navarro EA, Portolés M, Maestu C, Gómez-Perretta de Mateo C. The Microwave Syndrome – further Aspects of a Spanish Study; presented in the 3rd International Workshop on Biological Effects of EMFs, 2004 (4-8 October), Kos, Greece
111. Oberfeld G. Environmental Medicine Evaluation of Electromagnetic Fields (translation: Katharina Gustavs). ÖÄK (Austrian Medical Association) Environmental Medicine Diploma Course Seminar 3 – Electromagnetic Fields), Pörschach a.W., Austria. 2007 (21-22 April):2-48 www.salzburg.gv.at/Oberfeld-EMF-enviro-med-evaluation-2007.pdf
112. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Chile, Subsecretaría de Comunicaciones. Fija norma técnica sobre requisitos de seguridad aplicables a las instalaciones y equipos que indica, de servicios de telecomunicaciones que generan ondas electromagnéticas. *Diario Oficial (Chile)* 2008;39056 (8 de mayo de 2008):4-5 (6588-6589)
113. Commission of European Communities, Brussels. Belgium. 2008. Comparison of International policies on EMF (power frequencies and radiofrequency fields). Rianne Stam, Laboratory or Research. National Institute for Public Health and Environmental. The Neaderland. May 2011