

Sección 1: RESUMEN PARA EL PÚBLICO

Las pruebas científicas de los efectos de la radiación electromagnética en la salud humana

Cindy Sage, MA
Sage Associates
Estados Unidos

Preparado para el Grupo de Trabajo BioIniciativa – Agosto del 2007

ÍNDICE

I. RESUMEN PARA EL PÚBLICO *

A. Introducción *

B. Propósito del informe *

C. Problemas de los estándares de salud existentes (límites de seguridad) *

II. RESUMEN DE LOS ASPECTOS CIENTÍFICOS *

A. Pruebas de cáncer *

1. Leucemia infantil *

2. Otras formas de cáncer infantil *

3. Tumores cerebrales y neuromas acústicos *

4. Otras formas de cáncer en adultos *

5. Cáncer de mama *

B. Cambios en el sistema nervioso y en la función cerebral. *

C. Efectos sobre los genes (ADN) *

D. Efectos en las proteínas del estrés (proteínas del shock al calor) *

E. Efectos en el sistema inmunológico *

F. Mecanismos biológicos posibles. *

G. Otra manera de ver los CEM: usos terapéuticos *

III. EXPOSICION A RADIACIONES POR CEM Y PLANEAMIENTO PRUDENTE DE LA SALUD PÚBLICA *

IV. MEDIDAS RECOMENDADAS *

A. Definir nuevos estándares de exposición a campos electromagnéticos *

B. Definición de medidas preventivas para la reducción de la exposición a radiaciones de ELF *

V. CONCLUSIONES *

I. RESUMEN PARA EL PÚBLICO

A. Introducción

Usted no puede verla, degustarla ni olerla, pero en la actualidad es una de las formas de riesgo ambiental más invasor en los países industrializados. **Radiación Electromagnética (EMR) o campos electromagnéticos (CEM)** son los términos que describen de manera general el riesgo creado por el vasto conjunto de tecnologías con o sin cables que han alterado el panorama de nuestras vidas en incontables formas beneficiosas. Sin embargo, estas tecnologías fueron diseñadas para maximizar la eficiencia y conveniencia en el uso de la energía, sin tener presente los efectos biológicos sobre la población. Gracias a los nuevos estudios, crecen entre los científicos y el público las pruebas de los posibles peligros para la salud vinculados a estas tecnologías.

Los seres humanos son sistemas bioeléctricos. Nuestros corazones y cerebros están regulados por señales bioeléctricas internas. La exposición a los CEM artificiales puede interactuar con procesos biológicos fundamentales del cuerpo humano, lo que en algunos casos puede causar malestares y enfermedades. Desde la segunda guerra mundial, el nivel de CEM de fuentes eléctricas que nos acompaña como telón de fondo se ha elevado exponencialmente, más recientemente debido a la creciente popularidad de las tecnologías inalámbricas como los teléfonos celulares (dos mil millones en 2006), los teléfonos inalámbricos, las redes Wi-fi y Wi-Max, etc. Varios decenios de investigaciones científicas internacionales confirman que los CEM son biológicamente activos en animales y seres humanos, lo que puede tener importantes consecuencias para la salud pública.

En el mundo actual todos estamos expuestos a dos clases de CEM: 1) **campos electromagnéticos (ELF)** de frecuencias extremadamente bajas provenientes de artefactos eléctricos, electrónicos, cables del tendido eléctrico; 2) **radiofrecuencias (RF)** de aparatos inalámbricos tales como teléfonos celulares, teléfonos inalámbricos, antenas de celulares, torres de transmisión, etc. En este informe usaremos los términos CEM para referirnos a todos los campos electromagnéticos en general, y los términos ELF y RF para referirnos al tipo específico de exposición. Los dos son tipos de radiación no ionizante, lo que significa que no tienen suficiente energía como para sacar electrones de sus órbitas alrededor de átomos e ionizar (cargar) los átomos como lo hacen los rayos X, la tomografía computarizada (*scanner*) y otras formas de radiación ionizante. En la sección 18 se encuentra un glosario y definiciones para asistir al lector. Probablemente necesitará tener a mano algunas definiciones que están en las referencias de esta sección cuando lea sobre ELF y RF (el lenguaje para medirlas)

B. Propósito del informe

Este informe fue escrito por catorce científicos, expertos en salud pública y en políticas públicas, para documentar las pruebas científicas existentes sobre campos electromagnéticos. También lo han examinado y refinado otros doce revisores externos.

Su propósito es evaluar las pruebas científicas de los impactos en la

salud de radiaciones electromagnéticas de niveles más bajos que las actuales normas de exposición al público, y evaluar los cambios que deberían aplicarse hoy para reducir posibles riesgos para la salud pública en el futuro.

Todavía no se conocen todos los aspectos de este problema, pero está claro que las normas de seguridad que limitan los niveles de radiación, en casi todos los países del mundo, parecen ser miles de veces demasiado permisivas o indulgentes. Hay que cambiar eso.

Se necesitan nuevos enfoques para educar a los responsables de la toma de decisiones y al público sobre las fuentes de exposición y para encontrar alternativas que no planteen los mismos niveles de riesgo para la salud, mientras aún es tiempo de hacer esos cambios.

Un grupo de trabajo compuesto de científicos, investigadores y profesionales de políticas de salud pública (el Grupo de Trabajo BioIniciativa) se reunió para documentar la información que debe ser considerada en el debate internacional sobre la adecuación (o inadecuación) de los estándares públicos de exposición a las radiaciones electromagnéticas.

Este informe es el producto de una investigación internacional y de una iniciativa de política pública para dar un vistazo general a lo que se sabe acerca de los efectos biológicos de la exposición a CEM de baja intensidad (puesto que tanto la radiación de radiofrecuencia RF, como la frecuencia de la corriente eléctrica ELF y varias formas de exposición combinadas tienen efectos biológicos).

En el informe se examinan la investigación y estándares actuales y se concluye que esos estándares están lejos de ser adecuados para proteger la salud pública.

Reconociendo el hecho de que otros organismos en los Estados Unidos, Reino Unido, Australia, muchos países de la Unión Europea y de Europa oriental, así como la Organización Mundial de la Salud (OMS) están debatiendo activamente este tema, el Grupo de Trabajo de la BioIniciativa ha conducido un proceso independiente de revisión científica y de políticas públicas.

El informe presenta sólida evidencia científica sobre el tema, y hace recomendaciones a los encargados de la toma de decisiones y al público. Las conclusiones de autores individuales y conclusiones generales se presentan en la Tabla 2-1 (Carta Resumen General de la BioIniciativa)

Los once capítulos escritos por los miembros del Grupo de Trabajo de la BioIniciativa documentan estudios científicos y revisiones clave que identifican efectos de los campos electromagnéticos de baja intensidad. Los capítulos 16 y 17 han sido preparados por expertos en políticas públicas de salud. En esas secciones se discuten el estándar mínimo de pruebas que debe utilizarse al planear la salud pública, cómo se debe evaluar la información científica en el contexto de una política de salud pública prudente, y se determinan las bases para tomar medidas precautorias y preventivas acordes con el conocimiento disponible.

En ellos se evalúan también las pruebas que llevan a recomendar nuevos límites de seguridad pública (o medidas precautorias y preventivas, porque ya está demostrado que es necesario).

Otros organismos de revisión científica han llegado a conclusiones diferentes a las que tenemos, y han adoptado estándares de prueba tan irrazonablemente altos que excluyen cualquier conclusión que pueda llevar a plantear nuevos límites de seguridad pública. Algunos grupos recomiendan actualmente que se relajen las normas existentes (inadecuadas).

¿Por qué ocurre esto? Una razón es que los límites de exposición a radiaciones de ELF y RF han sido elaborados por científicos e ingenieros que pertenecen a las asociaciones profesionales que tradicionalmente han formulado esas recomendaciones, que han sido adoptadas por los organismos públicos. Los procesos de fijación de normas se realizan con poca o ninguna contribución de otros sectores, aparte de ingenieros e intereses comerciales directamente interesados. A menudo, en la apreciación de lo que es un riesgo permisible o lo que es prueba de daño, influye más el punto de vista de la industria que el punto de vista de los expertos en salud pública.

Razones principales del desacuerdo entre los expertos:

- 1) Los científicos y los expertos en políticas de salud pública aplican definiciones bastante distintas del estándar de prueba que se usa para juzgar la ciencia, de manera que llegan a conclusiones diferentes acerca de lo que conviene hacer. Los científicos tienen una función que cumplir, pero no es exclusiva, y otras opiniones también son importantes.
- 2) Todos estamos hablando esencialmente de los mismos estudios científicos, pero usamos una manera diferente de medir cuándo "ya es suficiente" o "existe prueba de".
- 3) Algunos expertos continúan sosteniendo que todos los estudios tiene que ser consistentes (o sea que deben llegar siempre a los mismos resultados) antes de que se pueda decir que existe un efecto.
- 4) Algunos especialistas estiman que basta con considerar los efectos agudos a corto plazo.
- 5) Otros expertos dicen que es indispensable realizar estudios durante un periodo prolongado (que muestre los efectos de la exposición crónica) dado que ése es el tipo de mundo en que vivimos.
- 6) Algunos expertos opinan que hay que considerar a todas las personas, incluyendo los más jóvenes, los ancianos, las mujeres embarazadas y las personas con ciertas enfermedades. Otros afirman que solo hay que tener en cuenta a la persona promedio (o, en el caso de las RF, un hombre de estatura promedio).
- 7) No existe población no expuesta, lo que hace aun más difícil apreciar los riesgos crecientes de enfermedades.
- 8) La falta de consenso acerca de un mecanismo único de acción biológica.
- 9) La solidez de los estudios epidemiológicos en seres humanos que informan de riesgos de la exposición a radiaciones de ELF y RF se contradice con los estudios en animales, en los cuales no se detecta un efecto tóxico.
- 10) Los intereses creados tienen una influencia sustancial en el debate sobre salud.

Decisiones de políticas públicas

Los límites de seguridad para la exposición a radiaciones CEM deben ser fijados sobre la base de una interacción no solo entre científicos, sino también expertos en salud pública, encargados de políticas públicas y el público en general.

"En principio, la evaluación de las pruebas debe combinarse con el juicio basado en otros valores sociales, por ejemplo, costos y beneficios, aceptabilidad de los riesgos, preferencias culturales, etc. Y debe resultar en una toma de decisiones fuerte y efectiva. Las decisiones en estos asuntos suelen ser tomadas en función de los puntos de vista, valores e intereses de las partes interesadas que participan en el proceso y cuyas opiniones son sopesadas dependiendo de varios factores. Las pruebas científicas quizás tienen, o deben tener, un peso relativamente alto, pero no son elementos exclusivos; las decisiones deben fundarse tanto en pruebas como en otros factores".

El claro consenso de los miembros del Grupo de Trabajo Bioiniciativa es que los límites de seguridad pública existentes para ambas ELF y RF son inadecuados.

Esta propuesta refleja la evidencia de que no se puede afirmar positivamente cuán segura es la exposición crónica a niveles de baja intensidad de radiaciones de ELF y RF. Como sucede con otras normas para formas de exposición ambiental, los límites propuestos podrían no ser totalmente protectores, pero en este momento no es realista pensar en estándares más restrictivos. Incluso un pequeño aumento en el riesgo de cáncer o de enfermedades neurovegetativas se traduce en enormes consecuencias para la salud pública. Las medidas de reglamentación de las radiaciones de ELF y preventivas para las RF garantizan hoy la reducción de la exposición e informan al público acerca del potencial aumentado de riesgo, a qué niveles de exposición crónica podrían presentarse esos riesgos, y qué medidas deben tomarse para reducir esos riesgos.

C. Problemas de los estándares de salud existentes (límites de seguridad)

Los límites actuales de exposición a las telecomunicaciones están basados en el supuesto de que el calentamiento de los tejidos (por la RF) o la corriente eléctrica inducida en el cuerpo (por ELF) es lo único que importa cuando los organismos vivos son expuestos a radiofrecuencias. Dicha exposición puede producir calentamiento de los tejidos, cuya peligrosidad es bien conocida inclusive en dosis muy breves. En este sentido, los límites térmicos cumplen una función. Por ejemplo, para personas cuyas ocupaciones les exigen trabajar cerca de radares o selladores de calor RF, o para personas que instalan y atienden a torres de antenas inalámbricas, los límites basados en la temperatura son necesarios para prevenir daños por calentamiento (o, en el caso de radiaciones de ELF, del daño producido por corrientes inducidas en los tejidos). En el pasado los ingenieros y los científicos fijaron límites estándar para la exposición a la radiación electromagnética basados en el supuesto (que hoy creemos errado) de que la manera correcta de medir cuánta energía no ionizante pueden tolerar los humanos (es decir, cuánta exposición) sin recibir daños, consistía en medir solamente el calor de los tejidos o las corrientes

inducidas en el cuerpo (ELF). En las últimas décadas se ha establecido, más allá de toda duda razonable, que los efectos biológicos y algunos efectos adversos de salud ocurren a niveles de exposición RF y ELF bastante más bajos, en los que no se produce en absoluto calor (o corrientes inducidas); se ha mostrado que ocurren algunos efectos en niveles de exposición varios cientos de miles inferiores a los límites de seguridad pública existentes y donde el calentamiento no es posible.

Al parecer, es la INFORMACIÓN llevada por la radiación electromagnética (más que el calor) lo que causa cambios biológicos. Algunos de esos cambios biológicos pueden conducir a la pérdida del bienestar, a enfermedades e incluso a la muerte.

Los efectos ocurren en exposiciones no térmicas o de baja intensidad de niveles miles de veces inferiores a los niveles que los organismos federales estiman seguros para el público. Muchos aparatos que funcionan con tecnología inalámbrica están exentos de normas reguladoras. Las evaluaciones razonables e independientes que se encuentran en la documentación científica demuestran que los estándares existentes son inadecuados para proteger contra el daño causado por la exposición crónica a baja intensidad. Esto quiere decir que se necesitan bases completamente nuevas (como bases biológicas) para determinar los estándares de exposición a radiaciones de ELF y RF. Las nuevas normas tienen que tomar en cuenta lo que hemos aprendido sobre los efectos de ELF y RF (toda la radiación electromagnética no ionizante) y establecer nuevos límites basados en efectos biológicamente demostrados que son importantes para el adecuado funcionamiento de las funciones biológicas en los organismos vivos. Es vital hacerlo porque la proliferación de nuevas fuentes ha creado campos electromagnéticos artificiales de niveles sin precedente, que ahora cubren todas las zonas habitables de la tierra, exceptuando algunos lugares muy remotos.

Para evitar problemas de salud pública de alcance mundial es preciso hacer correcciones sobre la marcha, a medida que aceptamos, probamos y difundimos nuevas tecnologías que nos exponen a las radiaciones de ELF y RF.

Hay opiniones recientes formuladas por expertos sobre la base de pruebas documentadas de deficiencias en los actuales estándares de exposición permisibles. Hay una vasta discusión que indica que los límites térmicos están atrasados y que se necesitan normas de exposición basadas en pruebas biológicas. La sección 4 se refiere a las reservas y preocupaciones en relación con ELF expresadas por la Organización Mundial de la Salud en 2007, en su Monografía Criterios de Salud; el Informe SCENIHR, de 2006, preparado para la Comisión Europea; el Informe SAGE del Reino Unido, de 2007; la Organización para la Protección de la Salud (HPA), Reino Unido en 2005; el Taller de Investigación Avanzada de la OTAN, en 2005; el Grupo de Trabajo interinstitucional sobre radiofrecuencias en los Estados Unidos; el Organismo de Productos Alimenticios y Farmacéuticos (FDA) de los Estados Unidos, en 2000 y 2007; la Organización Mundial de la Salud, en 2002; el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC, 2001); el Informe Stewart, 2000 (Informe del Grupo Independiente de Expertos en Telefonía Móvil del Parlamento del Reino Unido), y otros.

Un investigador pionero, el fallecido Dr. Ross Adey, en su última publicación Medicina Bioelectromagnética (P. Roche y M. Markov, eds. 2004) concluía:

"Hay preguntas claves no respondidas sobre los posibles riesgos para la salud que pueden aparecer como consecuencia de la exposición humana a los diversos campos electromagnéticos creados por el hombre cuando esa exposición es intermitente, recurrente y puede extenderse a lo largo de una parte significativa de la vida de un individuo".

"Existen estudios epidemiológicos que han evaluado ELF y los campos de radiofrecuencias como un posible factor de riesgo para la salud humana, pruebas históricas que indican los riesgos de esos factores a medida que avanza la electrificación rural y, más recientemente, los métodos de distribución y utilización de la energía eléctrica en edificios comerciales. Existen modelos apropiados que describen esos efectos biológicos, basados en la termodinámica del desequilibrio, donde la electrodinámica no lineal es una característica integral. Los modelos de calor basados en la termodinámica del equilibrio no consiguen explicar una impresionante frontera nueva de mayor significación.

... A pesar de que no se comprende en su totalidad, la interacción de radicales libres de los tejidos con los campos magnéticos puede extenderse hasta los niveles de campo cero." (2)

Puede no haber un límite inferior por debajo del cual la exposición no nos afecta. Hasta que sepamos si existe el límite por debajo del cual no hay efectos biológicos ni consecuencias perjudiciales para la salud, es poco prudente, desde el punto de vista de la salud pública, persistir en actitud de "aquí no pasa nada" y seguir difundiendo nuevas tecnologías que aumentan la exposición a las radiaciones de ELF y RF, especialmente las involuntarias.

II. RESUMEN DE LOS ASPECTOS CIENTÍFICOS

A. Pruebas de cáncer

1. Leucemia infantil

La prueba de que las líneas de energía y otras fuentes de ELF están sistemáticamente vinculadas a altas tasas de leucemia infantil ha llevado al Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (un órgano de la OMS) a clasificar las ELF como posible cancerígeno humano (en el grupo 2 B de la lista de agentes cancerígenos). La leucemia es el tipo más común de cáncer en los niños.

Hay muy poca duda de que la exposición a ELF causa leucemia infantil.

Los niveles de exposición para un aumento del riesgo son bastante bajos, apenas superior a los niveles del ambiente habitual y mucho más bajos que los niveles de exposición actuales. El límite establecido por la Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP) para radiaciones de ELF es de 1.000 mG (904 mG en los Estados Unidos). El aumento de riesgos de leucemia infantil comienza en un nivel casi mil veces inferior al del estándar de seguridad. En uno de los estudios se informa que los

riesgos de leucemia para niños pequeños se duplican a niveles de solo 1,4 mG y superiores (7). Muchos otros estudios comprenden una combinación de niños mayores con niños pequeños (0 a 16 años), y de esa manera los niveles de riesgo no alcanzan significación estadística hasta que los niveles de exposición llegan a 2 mG o 3 mG. No obstante, algunos estudios combinados de leucemia infantil indican que los niveles de riesgo comienzan a los 4 mG y superiores. No consideran muchos de los estudios que informan sobre riesgos elevados a bajos niveles de exposición, de 2 mG y 3 mG.

2. Otras formas de cáncer infantil

Se ha estudiado otras formas de cáncer infantil, comprendidos los tumores cerebrales, pero no se ha hecho investigado lo suficiente para saber si hay riesgos, de qué índole son o qué niveles de exposición pueden estar vinculados a un aumento de los riesgos. La incertidumbre sobre otras formas de cáncer de la infancia no debe ser interpretada como una señal de que "está todo claro": se trata más bien de falta de estudios.

La Monografía No 322 (2007) ELF Criterios de Salud, de la Organización Mundial de la Salud, dice que "no pueden descartarse" otras formas de cáncer infantil. (8)

Hay algunas pruebas de que otras formas de cáncer de la infancia podrían estar relacionados con la exposición a radiaciones de ELF, pero no se han hecho suficientes estudios.

Muchos estudios recientes proporcionan sólidas pruebas de que las radiaciones de ELF son un factor de riesgo de leucemia en la infancia y, más adelante, de otras formas de cáncer. En el primer estudio (9), niños que se estaban recuperando en ambientes con alta radiación ELF tenían tasas de supervivencia más bajas (un riesgo de muerte aumentado en un 450% si los campos de radiación ELF eran de 3 mG y más). En el segundo estudio, niños que estaban recuperándose en ambientes de 2 mG y más presentaban una probabilidad de muerte un 300% más alta que los niños expuestos a 1 mG y menos. En este segundo estudio, niños que estaban recuperándose en ambientes con radiaciones entre 1 y 2 mG también tenían bajas tasas de supervivencia y el riesgo de muerte aumentaba a 280% (10). Estos dos estudios proporcionan sólida información nueva en el sentido de que la exposición a ELF puede ser dañina para los niños incluso a niveles sobre 1 mG. El tercer estudio se proponía determinar los riesgos de cáncer que podían tener los niños más tarde en su vida, si habían crecido en hogares situados a menos de 300 metros de una línea de energía eléctrica de alto voltaje (11). Para niños criados durante sus primeros cinco años de vida en el radio de 300 metros, el riesgo de desarrollar durante su vida algunos tipos de cáncer es 500% más alto

Los niños que tienen leucemia y están en etapa de recuperación tienen bajas tasas de supervivencia si su exposición a radiaciones de ELF en casa (o donde se están recuperando) se sitúa entre 1mG y 2 mG; y sobre 3 mG en otro estudio.

Dados los extensivos estudios sobre los riesgos de leucemia infantil asociados con ELF, y los hallazgos relativamente consistentes de que exposiciones en el rango de 2 mG a 4 mG están vinculadas a un aumento de los riesgos para los

niños, para las construcciones nuevas es recomendable aplicar un límite de 1 mG para el espacio habitable. Es también una meta deseable para residencias existentes y para lugares donde niños y mujeres embarazadas pasan largos periodos.

En este momento se justifican nuevos límites para las exposiciones públicas a radiaciones de ELF, dadas las pruebas científicas existentes y la necesidad de una política de salud pública de intervención y prevención.

3. Tumores cerebrales y neuromas acústicos

La radiación de radiofrecuencia proveniente de exposición a teléfonos celulares y teléfonos inalámbricos se ha relacionado en más de una docena de estudios al aumento del riesgo de tumores cerebrales y/o neuromas acústicos (un tumor en el cerebro o en un nervio relacionado con la audición).

Las personas que han usado teléfonos celulares por 10 años o más presentan tasas más altas de tumores cerebrales malignos y neuromas acústicos. Los índices son peores si el teléfono celular ha sido usado principalmente en un solo lado de la cabeza.

Las personas que han usado teléfonos celulares por 10 años o más tienen un 20% de aumento del riesgo de padecer tumores cerebrales (cuando el teléfono ha sido usado en ambos lados de la cabeza). Para personas que han usado el teléfono celular predominantemente en un lado de la cabeza por 10 o más años, hay un aumento del riesgo de tumor cerebral del 200%.

Esta información se basa en los resultados combinados de muchos estudios sobre tumores cerebrales/teléfonos celulares tomados en conjunto (un meta-análisis de estudios).

El riesgo de tumor cerebral (glioma maligno de alto grado) por el uso de teléfono inalámbrico es 220% más alto (en ambos lados de la cabeza). El riesgo al usar teléfono inalámbrico en un solo lado de la cabeza es 470% más alto.

Hay un aumento del 30% del riesgo de sufrir neuromas acústicos por el uso de teléfonos celulares por 10 años o más; cuando son usados principalmente en un lado de la cabeza el riesgo de neuroma sube al 240%.

Estos riesgos están basados en los resultados combinados de varios estudios (un meta-análisis de estudios)

Cuando el teléfono inalámbrico es usado solo en un lado de la cabeza el riesgo de neuroma acústico aumenta 3 veces (310%).

Si consideramos los estudios que informan de riesgos a largo plazo de tumores cerebrales y neuromas acústicos, los estándares actuales para la exposición permitida a emisiones de teléfonos celulares e inalámbricos no son seguros.

Otras indicaciones de que la exposición a radiofrecuencias puede causar tumores cerebrales proviene de exposiciones a RF de bajo nivel distintas a las procedentes de teléfonos celulares o inalámbricos. Estudios de personas que están expuestas en su trabajo (exposición ocupacional) muestran también tasas más altas de tumores cerebrales. Kheifets (1995) señaló que había un

mayor riesgo de cáncer del cerebro del 10% al 20% en las personas con ocupaciones relacionadas con la electricidad.

En este meta-análisis se revisaron 29 estudios publicados sobre cáncer del cerebro en relación con la exposición a CEM en el trabajo o en ocupaciones en el sector eléctrico (6). La existencia de un nexo entre otras fuentes de exposición a RF, tal como trabajar en un oficio con exposición a CEM, es coherente con la elevación moderada del riesgo de desarrollar tumores cerebrales.

4. Otras formas de cáncer en adultos

Existen muchos estudios que demuestran una relación estadísticamente significativa entre exposición ocupacional y leucemia en adultos (véase el Capítulo 11), a pesar de importantes limitaciones para evaluar el nivel de exposición. Una investigación muy reciente realizada por Lowenthal et al. (2007) trató de la leucemia en adultos en relación con la residencia cercana a líneas de alto voltaje eléctrico. Aunque los autores encontraron riesgos elevados en todos los adultos que vivían cerca de este tipo de líneas, hallaron un OR de 3,23 (95% CI = 1,26-8,29) en individuos que pasaron sus primeros 15 años de vida dentro del límite de 300 m de líneas de alto voltaje. Este estudio sustenta dos conclusiones importantes: la leucemia en adultos también está vinculada a la exposición a CEM, y la exposición durante la infancia aumenta los riesgos de tener esta dolencia en la vida adulta.

En un meta-análisis (una revisión de varios estudios individuales) Kheifets et al., 1995 informó de un significativo riesgo excesivo de tumores cerebrales adultos en trabajadores del sector eléctrico y en adultos con exposición ocupacional a CEM. Esto corresponde aproximadamente a la misma magnitud del riesgo de cáncer del pulmón en fumadores pasivos (DHHS, Estados Unidos, 2006). Este meta-análisis abarcó un total de 29 estudios con poblaciones de 12 países. Se informó de un riesgo relativo de 1,16 (CI=1,08 – 1,24) o un 16% de riesgo aumentado para todos los tumores cerebrales. Para gliomas, se informó de un riesgo estimado de 1,39 (1,07 – 1,82) o un riesgo aumentado de 39% en ocupaciones en el sector eléctrico. En un segundo meta-análisis publicado por Kheifets et al., (2001) se combinaron los resultados de otros nueve estudios publicados después de 1995. Se informó de una segunda estimación de conjunto de (OR= 1,16, 1,08 – 1,01) que mostró poco cambio en la estimación general de riesgo de 1995.

Las pruebas de la existencia de una relación entre la exposición y el cáncer de mama son relativamente claras en hombres (Erren, 2001) y algunos estudios muestran que el cáncer de mama en mujeres también se eleva con el aumento de la exposición (véase el capítulo 12). Los tumores cerebrales y los neuromas acústicos son más comunes en personas expuestas (véase el capítulo 10). Se han publicado menos pruebas de otros tipos de cáncer, pero Charles et al. (2003) señalan que los trabajadores que se encuentran en la categoría 10% más alta de exposición a CEM presentan una probabilidad dos veces más alta de morir de cáncer de próstata, comparados con aquellos cuya exposición es de un nivel menor (OR 2,02, 95% CI = 1,34-3,04). Villeneuve et al (2000) informan acerca de elevaciones estadísticamente significativas de linfoma non-Hodgkin en trabajadores de servicios eléctricos en relación con la exposición a

CEM, en tanto que Tynes et al (2003) indican tasas elevadas de melanoma maligno en personas que viven cerca de líneas de alto voltaje. Aunque será necesario repetir estas observaciones, sugieren la existencia de una relación entre la exposición y el cáncer en adultos, además de la leucemia.

En suma, las pruebas científicas de enfermedades en adultos, vinculadas a la exposición a CEM son lo suficientemente sólidas en relación con el cáncer en los adultos como para justificar la pertinencia de medidas preventivas, aún cuando no todos los informes hayan mostrado exactamente la misma relación positiva. Hay muchos factores que reducen nuestra capacidad para descubrir patrones de enfermedad que pueden estar relacionados con la exposición a CEM. Por ejemplo, no existe población no expuesta que pueda ser usada para fines de comparación, además de otras dificultades en la apreciación de la exposición. Sin embargo, la prueba de una relación entre la exposición a CEM y el cáncer en adultos y las enfermedades neurodegenerativas es en la actualidad suficientemente sólida como para ameritar medidas preventivas que reduzcan la exposición a CEM.

5. Cáncer de mama

Existen pruebas contundentes, provenientes de múltiples áreas de investigación científica, de que la radiación por ELF está relacionado al cáncer de mama. En las dos últimas décadas han tenido lugar numerosos estudios epidemiológicos (estudios de enfermedades humanas) del cáncer de mama en mujeres y hombres, aunque esta relación continúa siendo motivo de controversia entre los científicos. Muchos de esos estudios informan que la exposición a ELF está relacionada a un riesgo aumentado de cáncer de mama (no todos los estudios reportan tales efectos, pero no esperamos 100%, ni siquiera 50% de consistencia entre los resultados, para tomar medidas preventivas).

Los resultados de estudios en mujeres en el lugar de trabajo sugieren claramente que los ELF son un factor de riesgo de cáncer de mama para mujeres con exposición prolongada a 10mG y niveles superiores.

Las personas que trabajan en condiciones de una exposición relativamente alta a ELF (10mG y niveles superiores) muestran tasas más altas de cáncer de mama. La mayor parte de los estudios en trabajadores que están expuestos a ELF han definido que los niveles altos de exposición se encuentran alrededor de 2mG y 10mG; sin embargo, esta clase de combinaciones de exposición a ELF, que van desde relativamente bajas a relativamente altas, tiene el efecto de diluir los niveles reales de riesgo. En muchos de los estudios ocupacionales de exposición grupal, los grupos más altos están expuestos a 4mG o más. Esto significa que a) poca gente está expuesta a niveles mucho más elevados, y b) los patrones de enfermedad aparecen a partir de niveles relativamente bajos de 4mG o más. Esta es otra manera de demostrar que los límites existentes de ELF ubicados entre 933 y 1.000 mG son irrelevantes respecto de los niveles de exposición que, según se informa, aumentan el riesgo.

Estudios de laboratorio de células humanas de cáncer de mama muestran que la exposición a ELF entre 6mG y 12 mG pueden interferir con efectos protectores de la melatonina que combate el crecimiento de esas células. Hace

una década que hay pruebas de que las células humanas de cáncer de mama crecen más rápidamente si están expuestas a radiación ambiental de ELF de bajo nivel. Se cree que esto se debe a que la exposición a ELF puede reducir los niveles de melatonina en el cuerpo. Se sabe que la presencia de melatonina en cultivos de células de cáncer de mama reduce el crecimiento de esas células, y que la ausencia de melatonina (por la exposición a ELF u otras razones) tiene como resultado un mayor crecimiento de las células de cáncer.

Estudios de laboratorio sobre cáncer de mama en animales muestran que éstos tienen más tumores, y de mayor tamaño, cuando están expuestos al mismo tiempo a ELF y a un promotor químico de tumores. Esos estudios tomados en conjunto indican que ELF es un probable factor de riesgo para el cáncer de mama, y que los niveles peligrosos de ELF no son mayores que aquellos a los cuales la gente está expuesta en la casa o en el trabajo. Existe una sospecha razonable de riesgo, y hay suficientes pruebas como para recomendar que se establezcan nuevos límites para ELF y se tomen medidas preventivas.

Dados los riesgos muy altos de contraer cáncer de mama a lo largo de una vida, y la importancia crítica de la prevención, habría que reducir la exposición a ELF para la gente que permanece por mucho tiempo en ambientes con altos niveles de ELF.

Para la gente con cáncer de mama es particularmente importante reducir la exposición a ELF. Vistas las pruebas de menores tasas de supervivencia para pacientes con leucemia infantil en campos de ELF sobre 2mG o 3 mG, el ambiente para la recuperación debería tener bajos niveles de ELF. También está indicada una acción preventiva para aquellos que podrían estar sometidos a riesgos más altos de cáncer de mama (especialmente aquellos que toman tamoxifen para reducir el riesgo de contraer cáncer de mama toda vez que, además de reducir la efectividad de la melatonina, la exposición a ELF puede reducir también la efectividad del tamoxifen incluso a niveles muy bajos de radiación). No hay excusa para ignorar la masa substancial de pruebas que tenemos para sostener que existe una relación entre el cáncer de mama y la exposición a ELF. No es razonable seguir esperando pruebas concluyentes dados los enormes costos y la carga para las personas y para la sociedad que causa esta enfermedad.

Estudios de células de cáncer de mama en humanos y algunos estudios en animales muestran que es probable que ELF sea un factor de riesgo para cáncer de mama. Hay pruebas, gracias a estudios de células y de animales como de cáncer de mama en humanos, de que existe una relación entre el cáncer de mama y la exposición a ELF.

Estos son sólo algunos de los temas relativos al cáncer que hay que discutir. Parece razonable suponer que todas las formas de cáncer y el curso de otras enfermedades puede estar relacionado, o empeorar, por la exposición a campos electromagnéticos (tanto ELF como RF).

Si una o más formas de cáncer están relacionadas con los CEM, ¿por qué no sospechar de todas las formas de cáncer? Ya no se puede afirmar que el presente estado del conocimiento descarta o excluye los riesgos para la salud humana. El enorme costo para la sociedad y el impacto en el sufrimiento humano que supone no tratar este problema exigen la adopción de medidas de fondo de salud pública, y la intervención de los organismos públicos encargados de la protección de la salud pública, que deben actuar sobre la

base de las pruebas disponibles.

B. Cambios en el sistema nervioso y en la función cerebral.

La exposición a campos electromagnéticos ha sido estudiada en relación con la enfermedad de Alzheimer, enfermedad de las neuronas motoras, y la enfermedad de Parkinson (4). Todas estas enfermedades suponen la muerte de neuronas específicas y pueden ser clasificadas como enfermedades neurodegenerativas. Existen pruebas de que altos niveles de beta-amiloide entrañan un riesgo de enfermedad de Alzheimer, y de que la exposición a los CEM puede aumentar esta sustancia en el cerebro. Hay pruebas fehacientes de que la melatonina puede proteger el cerebro contra daños que conducen a la enfermedad de Alzheimer, y de que la exposición a ELF puede reducir los niveles de melatonina. De esta manera, se puede sostener como hipótesis que una de las más importantes protecciones contra el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer (la melatonina) está menos disponible para el cuerpo cuando la gente está expuesta a ELF. La exposición prolongada a ELF puede alterar el nivel de calcio (CA²⁺) en las neuronas, e inducir un mayor efecto oxidante (4). También es posible que la exposición prolongada a ELF estimule a las neuronas (en particular a las neuronas motoras grandes) a producir descargas sincrónicas, lo que es dañino debido al aumento de la concentración de toxinas.

Las pruebas de la relación entre la exposición y las enfermedades neurodegenerativas, la enfermedad de Alzheimer y la esclerosis lateral amiotrófica (ALS) son sólidas y relativamente consistentes (véase el capítulo 12). Aunque no todas las publicaciones muestran una relación estadísticamente significativa entre la exposición y la enfermedad, es imposible seguir ignorando los resultados: OR (*odd ratio*) de 2,3 (95% CI (*intervalo confidencial*)= 1,0-5,1 in Qio et al., 2004), de 2,3 (95% CI = 1,6-3,3 in Feychting et al., 2003) y de 4,0 (95% CI = 1,4-11,7 in Hakansson et al., 2003) para la enfermedad de Alzheimer, y de 3,1 (95% CI = 1,0-9,8 in Savitz et al., 1998) y 2,2 (95% CI = 1,0-4,7 in Hakansson et al., 2003) para la ALS.

La enfermedad de Alzheimer es una enfermedad del sistema nervioso. Hay pruebas convincentes de que la exposición prolongada a ELF es un factor de riesgo de enfermedad de Alzheimer.

También se ha presentado la preocupación de que seres humanos con desórdenes epilépticos puedan ser más susceptibles a la exposición a RF. Un bajo nivel de exposición a RF puede ser un factor estresante. Esto se basa en la similitud con efectos neurológicos de otros factores estresantes; un bajo nivel de RF activa opiáceos y otras sustancias en el cerebro que tienen una acción similar a la de las drogas psicoactivas. Estos efectos, obtenidos en animales de laboratorio, reproducen los efectos de drogas en la zona del cerebro que participa en el mecanismo de adicción.

Estudios de laboratorio muestran que el sistema nervioso de humanos y animales es sensible a ELF y RF. Se detectan modificaciones en la función cerebral y en la conducta en niveles de radiación asociados a las nuevas tecnologías, entre ellas la telefonía celular. Las radiaciones del teléfono celular pueden alterar la actividad cerebral humana a niveles tan bajos como 0,1 vatio

por kilogramo SAR (W/Kg) ***, lo cual es mucho menor que los niveles admitidos en Estados Unidos, de 1,6 W/Kg, y los de la ICNIRP, cuyo nivel admisible es de 2,0 W/Kg. Las radiaciones de ese nivel pueden afectar la memoria y el aprendizaje, así como la actividad normal de las ondas cerebrales. La exposición a bajos niveles de ELF y RF puede alterar el comportamiento de los animales.

Hay muy pocas dudas de que los campos electromagnéticos emitidos por los teléfonos celulares, así como su uso, afectan la actividad eléctrica del cerebro.

Los efectos sobre la función cerebral parecen depender, en algunos casos, de la carga mental del sujeto durante la exposición (el cerebro es menos capaz de hacer dos tareas simultáneamente cuando ambas requieren usar la misma zona cerebral). Algunos estudios muestran que la exposición a teléfonos celulares acelera los niveles de actividad cerebral, pero también disminuye la eficiencia y la capacidad de juicio del cerebro. Un estudio señala que jóvenes menores de 20 años tienen respuestas más lentas al manejar un auto mientras están expuestos a la radiación de teléfonos celulares, comparados con personas de mayor edad. El pensar más rápido no implica necesariamente una mejor calidad de pensamiento.

Los cambios en la manera de reaccionar del cerebro y el sistema nervioso dependen mucho de del tipo de exposición. La mayor parte de los estudios se centran sólo en los efectos de corto plazo, en tanto que no se conocen las consecuencias en el largo plazo.

Estos efectos pueden variar dependiendo de la forma y el tamaño de la cabeza, la ubicación, el tamaño y configuración de las estructuras cerebrales internas, la anchura de la cabeza y la cara, la hidratación de los tejidos, el grosor de los diversos tejidos, la constante dieléctrica del tejido y otros factores. La edad del individuo y su estado de salud también son variables importantes. Las condiciones de la exposición también influyen considerablemente en los resultados de los estudios, que pueden ser opuestos en función de las condiciones de la exposición, entre ellas la frecuencia, la forma de las ondas, la orientación y duración de la exposición, cantidad de exposiciones, la modulación del pulso de la señal, y el momento en que se miden los efectos (algunas respuestas a RF son de efecto retardado).

Existe una gran variabilidad en los resultados de las pruebas de ELF y RF, lo que era previsible debido a la amplia variedad de factores que pueden influenciar los resultados. Sin embargo, está claramente demostrado que en ciertas condiciones de exposición el funcionamiento del cerebro y el sistema nervioso se alteran. Las consecuencias de las exposiciones de largo plazo no han sido estudiadas en adultos ni en niños.

La consecuencia de la exposición prolongada en niños, cuyos sistemas nerviosos continúan desarrollándose hasta la adolescencia, no se conoce hasta el momento. Puede haber graves consecuencias para la salud de los adultos y su funcionamiento en sociedad si años de exposición de los jóvenes a ambos tipos de radiación, ELF y RF, dan lugar a una menor capacidad de pensamiento, juicio, memoria, aprendizaje y control de la conducta.

La gente crónicamente expuesta a bajo nivel de emisiones de antenas inalámbricas informa de síntomas tales como problemas del sueño (insomnio),

fatiga, cefalea, mareos, debilidad, falta de concentración, problemas de memoria, campanillas en los oídos, problemas de equilibrio y orientación, así como dificultades para acometer dos tareas simultáneamente. En niños la exposición a la radiación de teléfonos celulares tiene como resultado cambios en la actividad oscilatoria del cerebro durante algunas tareas de memorización. Aunque los estudios científicos aún no han podido confirmar una relación de causa-efecto, las quejas de este tipo están muy extendidas y causan preocupación pública en algunos países en los cuales las tecnologías inalámbricas están muy difundidas (Suecia, Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Suiza, Austria, Grecia, Israel, etc.). Por ejemplo la puesta en circulación de la tercera generación de teléfonos inalámbricos (y de las consiguientes emisiones de antenas de RF a lo largo y ancho de comunidades en los Países Bajos dio lugar casi inmediatamente a quejas del público por enfermedades (5).

Los resultados conflictivos de los pocos estudios que se han hecho pueden deberse a la dificultad para encontrar lugares libres de exposición que permitan comparar resultados de pruebas aplicadas en ambientes que han sido expuestos intencionalmente. La gente que va a los laboratorios para someterse a pruebas está expuesta previamente a una multitud de RF y ELF, y por lo tanto desde el comienzo puede presentar síntomas, aún antes de que se le apliquen pruebas. Otro problema es que la exposición a RF para probar la presencia de cambios comportamentales muestra resultados retardados. Los efectos se observan una vez que ha terminado la exposición. Esto sugiere un cambio persistente en el sistema nervioso, que puede aparecer sólo después de algún tiempo y por lo tanto no puede observarse tras un breve período de prueba.

Simplemente todavía no se conocen con certeza los efectos de la exposición de largo tiempo a la tecnología inalámbrica, entre ellas las emisiones de teléfonos celulares y otros artefactos de uso personal, y de la exposición de todo el cuerpo a transmisiones de RF de torres de telefonía celular y antenas. Sin embargo la masa disponible de pruebas sugiere que los efectos biológicos y los impactos sobre la salud pueden ocurrir, y de hecho ocurren a niveles muy bajos de exposición, que pueden ser miles de veces inferiores a las actuales normas de salud pública.

Hay pruebas razonables acerca de la posibilidad de que se produzcan graves consecuencias para la salud pública (y costos económicos) que serán motivo de una preocupación mundial dado el amplio uso y exposición a tales emisiones. Aún un pequeño aumento en la incidencia de enfermedades o de pérdida de cognición relacionado con nuevas formas de exposición a la tecnología inalámbrica podría tener importantes consecuencias de salud pública, sociales y económicas. Los estudios epidemiológicos sólo pueden mostrar daños después de décadas de exposición, es decir, cuando aparecen los efectos generales en las poblaciones promedio; por ello los encargados de tomar decisiones deberían tomar en serio estas advertencias tempranas.

C. Efectos sobre los genes (ADN)

El riesgo de cáncer está relacionado con el daño del ADN, el cual altera el patrón de crecimiento y desarrollo. Si el ADN está dañado (daños en los genes) existe el riesgo de que las células dañadas no mueran. En cambio, continuarán reproduciéndose con un ADN dañado, y esta es una condición previa necesaria del cáncer. La reparación reducida del ADN puede ser también una parte importante de este problema. Cuando la tasa de daño al ADN excede la tasa a la cual el ADN puede ser reparado, existe la posibilidad de que las mutaciones se conserven y se inicie el cáncer. Los estudios sobre la manera en que las radiaciones de ELF Y RF pueden afectar los genes son importantes dada su posible vinculación con el cáncer.

Hasta hace unos 10 años se creía en general que no era posible que campos muy débiles de ELF y RF pudiesen tener algún efecto sobre el ADN y sobre la manera en que trabajan las células (cómo se dañan y por qué no pueden hacer bien su trabajo). El argumento era que esos campos débiles no tienen suficiente energía, es decir, no tienen la fuerza necesaria como para causar daño. Ahora se sabe que la energía no es el factor clave como causa del daño. Por ejemplo, la exposición a productos químicos tóxicos puede causar daño, destruir células y provocar enfermedades. De hecho, muchas enfermedades crónicas están directamente relacionadas con esta clase de daño, que no requiere en absoluto un calentamiento. La interferencia con la comunicación entre las células (la forma en que interactúan las células) puede causar cáncer ya sea directamente o promover el crecimiento más rápido de un cáncer ya existente.

En el futuro, el uso de técnicas modernas de pruebas genéticas probablemente nos dará información muy útil sobre la manera en que los CEM alcanzan y afectan a las moléculas en el cuerpo. En cuanto a los genes, ya hay algunas pruebas de que los CEM de ambos tipos, ELF Y RF, pueden alterar la forma en que trabaja el ADN. Se han realizado estudios de laboratorio para saber si (y de qué manera) unas ELF débiles pueden afectar el funcionamiento del ADN y de las proteínas. Esos cambios se han visto en algunos estudios, pero no en todos.

Pequeños cambios en la expresión de genes o proteínas pueden alterar la fisiología celular, y pueden también causar efectos posteriores sobre la salud y el bienestar. El estudio de la relación entre los genes, las proteínas y la exposición a CEM está todavía en su infancia, pero confirmar que la exposición a CEM débiles ocasiona cambios en los genes y proteínas puede ser un paso importante para determinar qué clase de riesgos hay para la salud.

Lo notable en los estudios sobre el ADN, genes, proteínas y CEM es que, si fuese verdad que los CEM son muy débiles como para causar daños, no debería haber ningún efecto. Los científicos que sostienen que la energía de los CEM es insignificante y por lo tanto es improbable que cause daños, no logran explicar esas alteraciones y por lo tanto se inclinan a ignorarlas. El problema es que los efectos están ocurriendo. No ser capaz de explicarlos no es una buena razón para considerarlos imaginarios o sin importancia.

El programa de investigación europeo REFLEX documentó varios cambios en el funcionamiento biológico normal en pruebas de ADN (3). La significación de estos resultados es que tales efectos están directamente relacionados con la cuestión de saber si podría haber riesgos para la salud humana cuando suceden estos cambios en los genes y el ADN. Este gran esfuerzo de investigación permitió aunar estudios de más de una docena de investigadores

independientes. Algunos de los hallazgos clave son los siguientes:

"Las mutaciones genéticas, la proliferación de células y la apoptosis son causadas por una alteración de los perfiles de expresión de genes y proteínas, o derivan de ellos. Todas las enfermedades crónicas se desarrollan a partir de la convergencia de estos eventos." (3)

"Se puede demostrar con gran certeza que la exposición a CEM causa efectos genotóxicos y modifica la expresión de numerosos genes y proteínas" (3).

"Las RF – CEM produjeron efectos genotóxicos en fibroblastos, células HL-60, células granulosa de ratas y células progenitoras neurales derivadas de células madre de embriones de ratas." (Participantes 2, 3 y 4). (3)

"Las células respondieron a la exposición a RF entre niveles SAR de 0,3 y 2W/Kg con un aumento significativo en los quiebres de cadenas simples y dobles de ADN y en frecuencia micronucleica." (Participantes 2,3 y 4). (3)

"En células HL-60 se demostró claramente un aumento en la generación de radicales libres provocado por la exposición a RF - CEM." (Participante 2). (3)

"El daño al ADN no fue provocado por efectos de calentamiento, lo cual obliga a reconsiderar los límites de seguridad ambiental para la exposición a CEM." (3)

"Los efectos fueron claramente más pronunciados en células provenientes de donantes mayores, lo cual sugiere que la capacidad para reparar los quiebres de la cadena de ADN inducidos por ELF y CEM disminuye con la edad." (3)

En ciertas condiciones, tanto la exposición a ELF como la exposición a RF pueden ser consideradas genotóxicas (dañarán el ADN), incluso en niveles de exposición inferiores a los límites actuales de seguridad.

D. Efectos en las proteínas del estrés (proteínas del shock al calor)

En casi todos los organismos vivientes las células desencadenan una protección especial cuando son atacadas por toxinas ambientales o por condiciones ambientales adversas. Esto se llama respuesta al estrés, y lo que producen se llama proteínas del estrés (también se conocen como proteínas del shock al calor). Todas las plantas, los animales y las bacterias producen proteínas del estrés para sobrevivir a factores ambientales tales como las altas temperaturas, la falta de oxígeno, el envenenamiento con metales pesados y el estrés oxidativo producto del envejecimiento temprano). Ahora podemos agregar la exposición a ELF y RF a esta lista de factores ambientales de estrés que suscitan una respuesta fisiológica.

Niveles muy bajos de exposición a ELF y RF pueden inducir a las células a producir proteínas del estrés, lo que significa que las células reconocen la exposición a ELF Y RF como dañinas. Esta es otra forma importante en la cual los científicos han demostrado que la exposición a ELF Y RF puede ser dañina, y ocurre a niveles mucho más bajos que los estándares de seguridad existentes.

Una preocupación adicional es que si el estrés se prolonga por un largo tiempo,

la respuesta de protección se reduce y su efecto disminuye. Esto significa que la célula está menos protegida contra daños, y por esta razón la exposición prolongada o crónica puede ser muy dañina aún a intensidades bajas.

La ruta bioquímica que se activa es la misma para la exposición a ELF y RF y no está relacionada con la temperatura (no requiere calentamiento ni corrientes eléctricas inducidas, y por lo tanto los estándares de seguridad basados en la protección contra el calentamiento son irrelevantes y no protegen). Se ha visto que los niveles de exposición a ELF de sólo 5 a 10 mG activan los genes de la respuesta al estrés (Tabla 1, sección 6). La tasa de absorción específica no es la medida apropiada del umbral biológico o dosis, y no debe ser usada como base de los estándares de seguridad puesto que las normas SAR son sólo contra daños por calentamiento.

E. Efectos en el sistema inmunológico

El sistema inmunológico es otra defensa que tenemos contra organismos invasores (virus, bacterias, y otras moléculas externas). Protege contra dolencias, enfermedades infecciosas y contra las células de los tumores. El sistema inmunológico tiene muchos tipos de células; cada uno de esos tipos de células tiene un propósito particular y se activa para defender el cuerpo contra diferentes clases de exposición cuando el cuerpo determina que está en peligro.

Existen pruebas substanciales de que las ELF y RF pueden causar reacciones inflamatorias, reacciones alérgicas, y modificar la función inmunológica a niveles permitidos por las actuales normas de seguridad pública.

El sistema inmunológico advierte el peligro de la exposición a ELF y RF y desencadena una reacción de defensa contra estos campos, semejante a la reacción del cuerpo cuando produce proteínas del estrés. Aún a muy bajos niveles de intensidad, la exposición a ELF y RF es a) reconocida por las células, y b) causa reacciones de peligro frente a la exposición. Es probable que la exposición crónica a factores que aumentan las respuestas alérgicas e inflamatorias sea dañina para la salud. Con el tiempo las respuestas inflamatorias crónicas pueden llevar a daño celular, de tejidos y de órganos. Se piensa que muchas enfermedades crónicas están relacionadas con problemas crónicos del funcionamiento del sistema inmunológico.

Es bien conocido el hecho de que la liberación de sustancias inflamatorias tales como la histamina causa reacciones de la piel, hinchazón, hipersensibilidad alérgica y otros efectos que se vinculan normalmente con alguna clase de mecanismo de defensa. El sistema inmunológico humano es parte de una barrera defensiva general que protege contra exposiciones dañinas provenientes del medio circundante. Cuando el sistema inmunológico es afectado por alguna forma de ataque, hay muchas clases de células inmunológicas que pueden responder. Todo lo que desencadene una respuesta de tipo inmunológico debe ser evaluado cuidadosamente ya que, con el

tiempo, la estimulación crónica del sistema inmunológico puede alterar la capacidad del sistema para responder de una manera normal. La exposición a ELF y RF de muy bajas intensidades causa cambios fisiológicos medibles (como el aumento de las células mástil, por ejemplo, que son marcadores de las respuestas alérgicas e inflamatorias). Cuando son activadas por ELF y RF, las células mástil se quiebran (se muelen) y liberan agentes químicos irritantes que causan los síntomas de las reacciones alérgicas de la piel.

Hay pruebas muy claras de que la exposición a ELF y RF en niveles asociados al uso de teléfonos celulares, computadores, terminales de vídeo, televisores y otras fuentes pueden causar reacciones de la piel. Los cambios en la sensibilidad de la piel se han medido a través de biopsias de la piel, y los hallazgos han sido notables. Algunas de estas reacciones suceden a niveles equivalentes a los de las tecnologías inalámbricas de uso cotidiano. Las células mástil se encuentran también en el cerebro y en el corazón, y son probablemente el blanco de respuestas de tipo inmunológico por las células que están respondiendo a exposiciones a ELF y RF, lo que puede explicar otros síntomas que se señalan comúnmente (cefaleas, fotosensibilidad, arritmias del corazón y otros síntomas cardíacos). La irritación crónica motivada por la exposición a ELF y RF puede conducir a disfunciones del sistema inmunológico, respuestas alérgicas crónicas, enfermedades inflamatorias y mala salud general cuando esto ocurre de manera continuada.

Estos hallazgos clínicos pueden explicar informes de personas con hipersensibilidad a la electricidad, un estado en el que hay intolerancia a cualesquier nivel de exposición a ELF y/o RF. Aunque aún no hay una evaluación (bajo condiciones controladas, si esto fuese posible), informes anecdóticos provenientes de muchos países permiten estimar que este cuadro afecta a 3% y quizá el 5% de la población, y es un problema que va en aumento. La hipersensibilidad eléctrica, igual que la sensibilidad química múltiple, puede ser incapacitante y obliga a la persona a modificar drásticamente las circunstancias en las que vive y trabaja, sufriendo grandes pérdidas económicas y pérdida de su libertad personal. En Suecia, la electrohipersensibilidad (EHS) es reconocida como un daño funcional total (no se trata como una enfermedad – véase la Sección 6, apéndice A).

F. Mecanismos biológicos posibles.

Hay mecanismos biológicos ya identificados que pueden dar cuenta de manera razonable de la mayoría de los efectos biológicos producidos por la exposición a bajos niveles de ELF y RF (estrés oxidativo y daño del ADN proveniente de radicales libres que conducen a toxicidad genética; hay mecanismos moleculares ante energías muy bajas que posiblemente tengan relación con enfermedades, por ejemplo, efectos sobre la tasa de transferencia de electrones vinculados a daño oxidativo, activación del ADN ligada a biosíntesis anormal y mutación). Es importante recordar que la salud pública y las decisiones epidemiológicas no necesitan una prueba perfecta para inferir un nexo causal entre la exposición a CEM y la enfermedad (12). Con frecuencia se aplican medidas sensatas de salud pública antes de que conozca con exactitud el mecanismo de acción de un riesgo.

"Obviamente la capacidad de la melatonina para proteger al ADN de daños oxidativos tiene consecuencias en varios tipos de cáncer, entre ellos la leucemia, si se considera que el daño al ADN debido a radicales libres es conocido como el evento oncostático inicial en la mayoría de los cánceres humanos (Cerutti et al. 1994)". Además del cáncer, el daño de los radicales libres al sistema nervioso central es un componente significativo de una variedad de enfermedades degenerativas de las personas mayores, incluyendo la enfermedad de Alzheimer y Parkinson. En modelos experimentales animales, la melatonina ha probado ser altamente efectiva para detener el comienzo y reducir la severidad de ambas condiciones [Reiter et al., 2001]." (13)

El estrés oxidativo mediante el daño provocado por los radicales libres al ADN es un mecanismo biológico posible en los casos de cáncer y enfermedades que suponen daños causados por las ELF al sistema nervioso central.

G. Otra manera de ver los CEM: usos terapéuticos

Mucha gente se sorprende al saber que algunos tipos de CEM pueden sanar. Son tratamientos médicos que usan CEM en formas específicas para ayudar a sanar fracturas óseas, para sanar heridas en la piel y tejidos subyacentes, para reducir el dolor y la hinchazón y otras necesidades posteriores a la cirugía. Algunas formas de exposición a CEM se usan para tratar la depresión.

Está demostrado que los CEM son eficaces en el tratamiento de estados patológicos a niveles de energía muy por debajo de los estándares corrientes de exposición pública. Esto plantea una pregunta obvia: ¿cómo pueden los científicos discutir los efectos dañinos de la exposición a CEM y al mismo tiempo usarla en algunas formas de tratamiento de probada eficacia terapéutica?

Mediante CEM a niveles inferiores a los estándares de seguridad pública se han tratado con buenos resultados algunos estados de salud, probando de otra manera que el cuerpo reconoce y responde a señales de CEM de baja intensidad. De otra manera, estos tratamientos médicos no podrían funcionar. El FDA estadounidense ha aprobado aparatos médicos para tratamientos con CEM, por tanto, es claramente consciente de esta paradoja.

La exposición al azar a CEM, a diferencia de la exposición a CEM bajo vigilancia clínica, podría conducir a daños, de la misma manera que el uso no supervisado de productos farmacéuticos. Esta evidencia constituye una clara señal de alerta en el sentido de que la exposición indiscriminada a CEM es probablemente una mala idea.

Nadie recomendaría dar a todo el mundo, especialmente a los niños, los medicamentos usados en tratamientos médicos y en la prevención de enfermedades. Sin embargo, en la vida cotidiana hay una exposición involuntaria, permanente y azarosa a los campos electromagnéticos.

La consecuencia de múltiples fuentes de exposición a CEM en la vida diaria, sin considerar la exposición acumulativa o la combinación potencialmente dañina

de variadas exposiciones a CEM es múltiple. Primero, es muy difícil realizar estudios clínicos porque es casi imposible encontrar a alguien que no haya estado expuesto anteriormente. Segundo, personas con y sin enfermedades padecen de múltiples exposiciones superpuestas, lo que podrá variar de persona a persona.

Así como la radiación ionizante puede usarse para diagnosticar eficazmente ciertas enfermedades y tratar el cáncer, también puede causar cáncer en otras condiciones de exposición. Puesto que los CEM son al mismo tiempo causa de enfermedad y parte de un tratamiento de enfermedades, es de vital importancia que las normas públicas de exposición reflejen nuestra comprensión actual de la potencia biológica de la exposición a CEM, y se establezcan nuevos límites de seguridad pública y medidas para prevenir exposiciones futuras.

III. EXPOSICION A RADIACIONES POR CEM Y PLANEAMIENTO PRUDENTE DE LA SALUD PÚBLICA

La evidencia científica es suficiente para que se adopten medidas reguladoras de las radiaciones de ELF; y es suficientemente sustancial para que se adopten medidas preventivas contra las radiaciones RF.

Los estándares que deben usarse para juzgar las nuevas pruebas científicas necesarias para tomar medidas, deben ser proporcionales a los impactos en la salud y el bienestar.

La exposición está ampliamente difundida.

En esta evaluación se han usado estándares científicos ampliamente aceptados.

La exposición pública a la radiación electromagnética (frecuencias de líneas de alta tensión eléctrica, radiofrecuencias y microondas) está creciendo exponencialmente en todo el mundo. Hay un rápido aumento de la electrificación en países en desarrollo, incluso en zonas rurales. La mayoría de los miembros de la sociedad hoy tienen y usan teléfonos inalámbricos, teléfonos celulares, y localizadores electrónicos (*paggers*). La mayoría de las poblaciones están también expuestas a antenas comunitarias diseñadas para transmitir señales inalámbricas de radiofrecuencias (RF). Algunos países en desarrollo han incluso abandonado el uso de teléfonos de líneas de tierra debido al bajo costo y fácil acceso de los teléfonos celulares.

Esta exposición de largo plazo y acumulativa a radiaciones RF tan masivamente aumentadas no tiene precedente en la historia humana. Más aún, el cambio más pronunciado es para los niños, quienes hoy, como una rutina, pasan horas de cada día en el teléfono celular.

En mayor o menor grado, todo el mundo está expuesto. Nadie puede evitar la exposición, porque incluso viviendo en la cima de una montaña sin electricidad es posible que haya exposición a RF proveniente de frecuencias de comunicación. La población vulnerable (mujeres embarazadas, niños

pequeños, ancianos, los pobres) están expuestos en el mismo grado que la población en general. Por tanto, es imperativo considerar formas de evaluar los riesgos y reducir la exposición. Una política adecuada de salud pública requiere medidas preventivas, proporcionales al potencial riesgo de daño y las consecuencias que tendría en la salud pública si no se adoptaran esas medidas.

IV. MEDIDAS RECOMENDADAS

A. Definir nuevos estándares de exposición a campos electromagnéticos

La conclusión de este capítulo es que se impone la necesidad de nuevos límites para radiaciones de ELF basados en el análisis de salud pública de la evidencia científica existente. Desde el punto de vista de la salud pública es necesario que se establezcan desde ya nuevos límites para ELF; estos límites deben considerar los niveles de radiaciones que según se ha demostrado aumentan el riesgo de leucemia infantil, y posiblemente otras formas de cáncer y enfermedades neurológicas. Los límites para ELF deben fijarse por debajo de los límites de exposición relacionados con un aumento del riesgo de la enfermedad en los estudios de leucemia infantil, más un factor adicional de seguridad. Ya no es aceptable que se construyan nuevas líneas de alta tensión eléctrica e instalaciones eléctricas que pongan a la gente en ambientes de radiaciones de ELF de un nivel manifiestamente riesgoso. Esos niveles están en el rango de entre los 2 a 4 miligauss (mG), no en decenas o centenas de mG. El límite fijado por el ICNIRP de 1.000 mG (904 mG en los Estados Unidos) para ELF está atrasado y basado en supuestos erróneos. No se puede seguir sosteniendo que esos límites protegen la salud pública y deben ser reemplazados. También hay que aplicar un margen o factor de seguridad a un nuevo límite, biológicamente fundamentado, para las radiaciones de ELF. El método clásico es agregar un factor de seguridad más bajo que el nivel de riesgo.

Mientras se determinan y aplican nuevos límites ELF, un planteamiento razonable sería un límite de 1 mG para espacio habitado adyacente a todas (nuevas o mejoradas) las líneas de alta tensión, y límites de 2 mG para cualquier otra construcción nueva. También se recomienda que se establezca un límite de 1 mG para espacios habitables de niños y o mujeres embarazadas (debido a la posible relación entre leucemia infantil y exposición *in utero* a las radiaciones de ELF). Esta recomendación se basa en el supuesto de que se necesita mayor protección en el caso de los niños que no pueden protegerse a sí mismos, y que están en peligro de contraer leucemia infantil a tasas tan altas tan altas que serían suficientes para desencadenar una acción reguladora. Esta situación en particular impone que se extienda el límite de 1 mG a espacios existentes actualmente ocupados. "Establecer" en este caso probablemente significa recomendaciones formales realizadas por organismos públicos sanitarios pertinentes.

Si bien no es realista contemplar la reconstrucción a corto plazo de todos los sistemas de distribución eléctrica, es necesario reducir la exposición a

radiaciones, especialmente en lugares donde los niños pasan más tiempo. Los límites deben reflejar las exposiciones que son comúnmente asociadas con el aumento de riesgo de leucemia infantil (en el rango de los 2 a los 5 mG para todos los niños, y sobre 1,4 mG para niños de 6 años y menores).

Casi todos los estudios sobre cáncer y enfermedades neurológicas en adultos en relación con la exposición ocupacional a radiaciones informan de que su categoría de exposición más alta es de 4 mG y más, o sea que los nuevos límites para ELF deben tener en cuenta los rangos de exposición significativos y no necesariamente los rangos más altos.

Evitar la exposición crónica a radiaciones de ELF superiores a los niveles vinculados al riesgo de enfermedades en escuelas, hogares y lugares de trabajo, evitará también muchos de los parámetros de efectos biológicos de ELF discutidos en los documentos pertinentes.

B. Definición de medidas preventivas para la reducción de la exposición a radiaciones de ELF

Habida cuenta de las pruebas científicas de que disponemos (capítulo 17), la difusión rápida de nuevas tecnologías inalámbricas es un fenómeno que debe preocupar a la salud pública ya que expone al público a pulsos de RF en niveles que causan efectos biológicos, los que a su vez, como cabe asumir razonablemente, tienen graves consecuencias para la salud.

La sección 17 resume las pruebas que han inducido a recomendar, en el campo de la salud pública, que se adopten con urgencia medidas preventivas para reducir o minimizar la exposición del público a radiaciones RF. La evidencia científica indica claramente que la exposición a radiaciones RF puede causar modificaciones en el funcionamiento de la membrana celular, en la comunicación de la célula, en el metabolismo celular, la activación de proto-oncogenes y puede desencadenar la producción de proteínas de estrés a niveles de exposición inferiores a los límites que establece la reglamentación actual.

Los efectos pueden incluir la ruptura del DNA y aberraciones cromosómicas, la muerte de células, entre ellas las cerebrales, el aumento de la producción de radicales libres, la activación del sistema opioide endógeno, estrés celular y envejecimiento prematuro, cambios en el funcionamiento cerebral, por ejemplo pérdida de memoria, aprendizaje lento, funciones motoras más lentas y otras deficiencias del rendimiento en niños, cefaleas y fatiga, desórdenes del sueño, estados neuro-degenerativos, reducción en la secreción de melatonina y diversas formas de cáncer (capítulos 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 12).

Ya en el año 2000, algunos expertos en bioelectromagnetismo promovieron un límite de $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (es decir 0,614 voltios por metro) para exposición a radiaciones de pulso RF en ambientes al aire libre; de esta manera, en las ciudades el público podría tener adecuada protección contra exposición involuntaria a radiofrecuencias de pulso (por ejemplo de torres de celulares y otras tecnologías inalámbricas). La Resolución de Salzburgo del año 2000 ponía $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (o 0,614 V/m) como meta para la exposición pública a radiofrecuencias de pulso. Desde entonces se han recibido numerosos informes verosímiles de incidentes de mala salud, y de presencia de enfermedades en

las proximidades de transmisores inalámbricos de niveles bajos (antenas de comunicación inalámbricas de voz y datos). Entre los efectos se señalan disfunciones del sueño, dificultades en la memoria y en la concentración, fatiga, cefaleas, problemas de la piel, síntomas visuales (flotadores), náuseas, pérdida del apetito, tinitus y problemas cardíacos (aceleración del pulso). Hay algunos artículos de investigadores fidedignos que indican que las exposiciones a radiaciones RF de nivel de torre de celular (estimadas entre 0,01 y 0,5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) producen efectos negativos en las poblaciones que viven a varios cientos de metros de antenas inalámbricas.

Esta información es un argumento en favor de la necesidad de umbrales o guías que estén sustancialmente por debajo los actuales estándares FCC e ICNIPR para la exposición de todo el cuerpo. La incertidumbre acerca de cuánto hay que bajar esos niveles para ser prudentes desde el punto de vista de la salud pública no debe impedir el esfuerzo para ajustarse a la información disponible.

No se ha podido establecer cuál es el límite por debajo del cual las RF no tienen efectos biológicos ni efectos adversos para la salud. Por tanto, los posibles riesgos de redes inalámbricas WLAN y sistemas Wi-Fi van a necesitar investigaciones adicionales y no se puede contar en este momento con ninguna seguridad respecto a la exposición crónica a radiaciones inalámbricas. El límite más bajo para los efectos negativos en la salud humana ha caído 100 veces bajo el estándar de seguridad (para teléfonos móviles y asistentes personales); 1000 a 10.000 veces para otros aparatos inalámbricos (torres de celulares a distancia; equipos Wi-Fi y WLAN). Todas las bases de las normas de seguridad han sido puestas en duda, y no es desatinado cuestionar la seguridad de las radiofrecuencias RF a cualquier nivel.

Se recomienda un nivel precautorio como meta para las exposiciones a pulsos de RF para ambientes inalámbricos, que pueda ser aplicado a torres de antenas, Wi-Fi, WI-MAX y otras fuentes similares. Cuando las exposiciones afectan al público en general, el límite recomendado como meta para pulsos de RF es 0,1 microvatios por cm^2 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)** (o 0,614 voltios por metro o V/m)**; esta recomendación se ajusta a la evidencia científica disponible y a una política prudente de salud pública.

Debería adoptarse un límite precautorio de 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ para la exposición acumulativa a RF al aire libre. Este límite refleja el estado actual de los conocimientos acerca de la RF y constituye una respuesta de salud pública prudente, que sería razonable establecer para radiaciones de pulsos de RF ambientales en los lugares donde las personas viven, trabajan y estudian.

Este nivel de RF se refiere a una exposición de todo el cuerpo, y puede ser una exposición crónica donde hay cobertura inalámbrica presente para transmisión de voz y datos por teléfonos celulares, localizadores, asistentes personales digitales y otras fuentes de radiación por radiofrecuencias.

Un límite precautorio de 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ al aire libre significaría un nivel de exposición menor aún dentro de edificios, quizás hasta de 0,01 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Algunos estudios y muchos informes anecdóticos de problemas de salud se refieren a niveles más bajos que éste; sin embargo, por ahora, puede prevenir algunos de los riesgos más notorios que pesan sobre el público cercano a tales instalaciones. Aunque la meta de este nivel como límite no impide el desarrollo

de tecnologías Wi-Fi, se recomiendan las opciones técnicas a base de cables, particularmente en escuelas y bibliotecas, de manera que los niños no estén sujetos a niveles elevados de RF hasta que se conozcan mejor sus posibles impactos en la salud. Esta recomendación debe considerarse un límite provisional de precaución para orientar medidas preventivas; quizás en el futuro se necesiten límites más conservadores.

Las instalaciones que exponen crónicamente a los residentes vecinos a niveles elevados de radiación RF provenientes de antenas de transmisión AM, FM y televisión son también materia de salud pública dada su capacidad de generar una elevada exposición a RF cerca de esas instalaciones ("aglomeración de antenas"). Los niveles de RF pueden ser de decenas a centenares de $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ en zonas residenciales situadas a media milla de algunos sitios de transmisión, por ejemplo (por ejemplo, en Lookout Mountain, Colorado y Awbrey Butte, Bend, Oregón). Las instalaciones situadas en zonas residenciales y escuelas, o que las exponen a niveles elevados de RF, deberían ser reevaluadas para mayor seguridad pública.

También hay suficiente evidencia del aumento de riesgo de tumores cerebrales y neuromas acústicos asociados a las emisiones de aparatos inalámbricos (teléfonos celulares, asistentes personales digitales, etc.), como para ameritar una intervención con respecto a su uso. El rediseño de los teléfonos celulares y de los APD podría evitar la exposición directa de la cabeza y del ojo, por ejemplo, mediante nuevas unidades que trabajen solamente con auriculares de cable o en modalidad de altavoz.

Se puede asumir con razonable certeza que esas emisiones tienen efectos adversos en la salud en casos de exposición crónica e incontrolada. Los niños son particularmente vulnerables, y los jóvenes difícilmente pueden librarse de estos ambientes. De acuerdo a la evidencia disponible, la radiación de segunda mano debe ser motivo de preocupación para la salud pública, lo mismo que el humo al que se exponen los fumadores pasivos.

V. CONCLUSIONES

- No podemos permitirnos una actitud de "aquí no pasa nada". Es hora de que la planificación de los nuevos tendidos eléctricos y nuevos hogares, escuelas, y otros espacios habitables incorporen en forma rutinaria una garantía de bajos niveles de radiación ELF. El despliegue de nuevas tecnologías inalámbricas que no cuestionan estos asuntos, "como si" no hubiese ningún problema, es peligroso y será cada vez más difícil de cambiar si la sociedad no toma pronto decisiones acerca de los límites. Hay que seguir investigando para definir cuáles son los niveles aceptables de RF relacionados con las nuevas tecnologías; pero la necesidad de más investigación no debe impedir ni demorar cambios sustantivos inmediatos que pueden ahorrar dinero, vidas y trastornos sociales.
- Es imperativo reglamentar nuevos límites para radiaciones ELF. Dichos límites deben ser inferiores a los niveles de exposición que en los estudios de leucemia infantil han sido relacionados con el aumento del riesgo de la enfermedad, más un factor adicional de seguridad. No es aceptable que se construyan nuevas líneas de alta tensión e instalaciones eléctricas que pongan

a las personas en ambientes de radiaciones de ELF a niveles reconocidamente peligrosos (generalmente de 2 mG y más)

- Mientras se deciden y aplican nuevos límites para las radiaciones de ELF, sería razonable planificar un límite de 1mG para los espacios habitables adyacentes a todas las líneas de alta tensión, nuevas o mejoradas, y 2 mG para toda otra nueva construcción. También se recomienda establecer el límite de 1mG para el espacio habitable donde circulan niños y/o mujeres embarazadas. Esta recomendación se basa en el supuesto de que es necesario el máximo de protección para niños que no pueden protegerse por sí mismos, y para quienes corren peligro de contraer leucemia infantil a tasas suficientemente altas para requerir una acción regulatoria. Esta situación en particular amerita extender el límite de 1mG a espacios ocupados existentes. "Establecer" en este caso probablemente significa recomendaciones públicas por parte de los organismos sanitarios oficiales.

- Si bien no es realista plantearse en el corto plazo la reconstrucción de todos los sistemas de distribución eléctrica existentes, es necesario iniciar y estimular medidas encaminadas a la reducción de la exposición a radiaciones provenientes de dichos sistemas, especialmente en lugares donde permanecen por más tiempo los niños.

- Hay que adoptar un límite precautorio de 0,1 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) (es decir, 0,614 voltios por metro) para la exposición acumulativa al aire libre. Esto refleja el nivel actual de los conocimientos científicos sobre RF y es una respuesta prudente de salud pública. Sería razonable establecer estos límites para radiaciones de pulso de RF (ambientales) donde las personas viven, trabajan y estudian. Este nivel de RF se refiere a la exposición de todo el cuerpo, y puede ser una exposición crónica donde hay cobertura inalámbrica para transmisión de voz y datos a través de teléfonos celulares, localizadores, APD y otras fuentes de radiación por radiofrecuencias. Algunos estudios y muchos relatos anecdóticos han señalado problemas de mala salud y enfermedades a niveles de exposición más bajos que éstos; sin embargo, por ahora, estos nuevos límites pueden evitar algunas de las cargas desproporcionadas que pesan sobre el público cercano a esas instalaciones.

Aunque esta meta de nivel de radiaciones por RF no impide el desarrollo y avance de tecnologías Wi-Fi, recomendamos que en escuelas y bibliotecas se utilicen opciones técnicas en base a cables, de modo que los niños no estén expuestos a elevados niveles de RF hasta que se conozcan mejor los posibles impactos sobre la salud. Esta recomendación debe entenderse como un límite precautorio provisional, que pretende guiar medidas preventivas, y no descarta la posibilidad de que se necesiten límites más conservadores en el futuro.

VI. REFERENCIAS

1. Martuzzi M. 2005. Science, Policy and the Protection of Human Health: An European Perspective. Bioelectromagnetics Supplement 7: S151-156.
2. Adey, WR. Potential Therapeutic Applications of Nonthermal Electromagnetic Fields: Ensemble Organization of Cells in Tissue as a Factor in Biological Field Sensing. Bioelectromagnetic Medicine. 2004, Rosch PJ and Markov MS, editores, pág. 1.
3. REFLEX, 2004. Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards from Low

Frequency Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive *in vitro* Methods.

4. Organización Mundial de la Salud, 2007. ELF Health Criteria Monograph. Neurodegenerative Disorders, Page 187.

5. TNO Physics and Electronics Laboratory, Países Bajos, 2003. Effects of Global Communication System radio-frequency fields on well-being and cognitive functions of human beings with and without subjective complaints. Netherlands Organization for Applied Scientific Research 1-63.

6. Kheifets LI Afifi AA Buffler PA Zhang ZW. 1995. Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer: a meta-analysis. JOEM Vol 37, No. 2, 1327 – 1341.

7. Green LM, Miller AB, Villeneuve PJ, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Donnelly KE. 1999. A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario Canada and exposure to magnetic fields in residences. Int J Cancer 82: 161–170.

8. Organización Mundial de la Salud, 2007. ELF Health Criteria Monograph, page 256 and WHO Fact Sheet No. 322.

9. Foliart DE Pollock BH Mezei G Iriye R Silva JM Epi KL Kheifets L Lind MP Kavet R. 2006. Magnetic field exposure and long-term survival among children with leukemia. British Journal of Cancer 94 161-164.

10. Svendsen AL Weihkopf T Kaatsch P Schuz J. 2007. Exposure to magnetic fields and survival after diagnosis of childhood leukemia: a German cohort study. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 16(6) 1167-1171.

11. Lowenthal RM, Tuck DM and Bray IC (2007) Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and myeloproliferative disorders: a casecontrol study. Int Med J doi:10.1111/j.1445-5994.2007.01389.x

12. Hill, AB. 1971. Principles of Medical Statistics Chapter XXIV. Statistical Evidence and Inference, Oxford University Press, Reino Unido, p. 309-323.

13. Henshaw DL Reiter RJ. 2005. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? A Review. Bioelectromagnetics Supplement 7, pages S86- S97.

Algunas Definiciones Rápidas para unidades de medida de ELF y RF

***Milligauss (mG)**

Un miligauss es la medida de intensidad de ELF y RF y se abrevia mG. Se utiliza para describir campos electromagnéticos provenientes de equipos, líneas de conducción eléctrica, alambrado eléctrico interior.

****Microwatts por centímetro cuadrado($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)**

La Radiación por Radiofrecuencia en términos de densidad de potencia se mide en microwatts por centímetro cuadrado y se abrevia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$). Se utiliza cuando se habla de emisiones provenientes de equipos e instalaciones

inalámbricas y cuando se describe un entorno de radiaciones de radiofrecuencia en el medio ambiente. La cantidad permisible de radiaciones RF cerca de una torre de telefonía celular para ciertas frecuencias de teléfonos celulares es $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, por ejemplo.

*****Tasa específica de Absorción SAR (Specific Absorption Rate) (SAR se mide en watts por kilogramo o W/Kg)**

SAR se refiere a la tasa de absorción específica . Es un cálculo de la cantidad de energía RF que es absorbida dentro del cuerpo, por ejemplo, cuando se aprieta contra la cabeza un teléfono celular o un teléfono inalámbrico. La SAR se expresa en vatios por kilogramo de tejido (W/Kg). La cantidad de energía de un teléfono celular admisible dentro de una célula es de 1,6 W/Kg en los Estados Unidos. Para todo el cuerpo la exposición es 0,8 W/Kg en un promedio de 30 minutos para el público en general. Los estándares internacionales son muy similares en la mayoría de los países pero no exactamente los mismos.