

COMISIÓN EUROPEA  
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN DE LA SALUD Y DEL CONSUMIDOR  
Dirección C - Opiniones científicas  
Unidad C2 - Gestión de comités científicos; cooperación científica y redes  
**Comité científico sobre toxicidad, ecotoxicidad y medio ambiente**

Bruselas,  
C2/JCD/csteeop/EMF/RFF30102001/D(01)

**COMITÉ CIENTÍFICO SOBRE TOXICIDAD, ECOTOXICIDAD  
Y MEDIO AMBIENTE (CSTEE)**

**Opinión sobre**

**Posibles efectos de los campos electromagnéticos (EMF), los campos de radiofrecuencia (RF)  
y la radiación de microondas sobre la salud humana**

**Expresada en la 27ª reunión plenaria del CSTEE**

**Bruselas, 30 de octubre de 2001**

## **Antecedentes**

Se pidió al Comité Científico sobre Toxicidad, Ecotoxicidad y Medio Ambiente (CSTEE) que preparase una actualización de la opinión <sup>(1)</sup> del Comité Director Científico (SCC) acerca de los efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos (EMF) con fecha de 25-26 de junio de 1998, que confirmaba las directrices publicadas por la ICNIRP (Comisión Internacional sobre Protección contra Radiación No Ionizante) y que sirvió de base para la Recomendación del Consejo del 5 de julio de 1999, que limitaba la exposición del público en general a campos electromagnéticos.

La petición era el resultado de una exposición creciente a campos electromagnéticos como consecuencia del crecimiento adicional del uso de electricidad debido al desarrollo continuo del sector de telecomunicaciones y a un rápido incremento de la instalación de mástiles transmisores utilizados como estaciones base de radiotelefonía. Estos transmisores están situados con frecuencia cerca de casas, locales de negocio y escuelas y, por consiguiente, una proporción creciente del público está expuesta crónicamente a campos de frecuencias extremadamente bajas y de radiofrecuencias. Además, la visibilidad de tales mástiles ha aumentado la preocupación del público acerca de los riesgos derivados de la radiación electromagnética. Éste es un campo complejo desde el punto de vista de la investigación.

Los campos electromagnéticos abarcan una amplia gama de frecuencias (0 Hz – 300 GHz) (anexo 1). En un debate acerca de sus fuentes de exposición y sus efectos potencialmente perjudiciales, se acostumbra a distinguir entre campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF) (1 Hz – 1 kHz), radiofrecuencias (1 MHz – 1 GHz) y microondas (1 GHz – 300 GHz). Además de los aparatos y dispositivos eléctricos domésticos, industriales y médicos, las líneas aéreas de transmisión de alta tensión (y en menor medida los cables subterráneos) son una fuente importante de exposición a frecuencias extremadamente bajas en el medio ambiente. La banda de frecuencias extremadamente bajas está limitada en Europa a 50 Hz y en América del Norte a 60 Hz. Las radiofrecuencias y las frecuencias de microondas más bajas tienen un interés especial para la difusión de radio y televisión y la telefonía móvil. La frecuencia de 2,45 GHz se utiliza principalmente en hornos de microondas domésticos e industriales.

## **Se pidió al CSTEE lo siguiente**

*“... proporcionar, a la luz de los nuevos conocimientos y desarrollos en tecnología y aplicaciones de fuentes y procedimientos causantes de exposición a campos electromagnéticos, una actualización de la opinión formulada en junio de 1998 sobre:*

*A Los efectos no térmicos a largo plazo sobre la salud de la exposición a campos electromagnéticos, recogiendo principalmente pruebas epidemiológicas y también pruebas biofísicas y biológicas sobre efectos genéticos y carcinógenos, efectos sobre los sistemas inmunitario y circulatorio y efectos sobre el sistema nervioso, que afecten bien a una zona local del cuerpo o bien al comportamiento general de las personas expuestas. La opinión debe indicar si se puede hacer alguna nueva recomendación para los límites de exposición.*

*B Tanto para efectos térmicos como no térmicos, el anexo técnico de la Recomendación del Consejo<sup>1</sup> que establece restricciones básicas y niveles de referencia que limitan la exposición a radiación no ionizante y sobre la base de las directrices publicadas por la Comisión Internacional sobre Protección contra Radiación No Ionizante, sigue siendo la base científica apropiada para un sistema de protección de la salud contra riesgos procedentes de radiación no ionizante”.*

---

<sup>1</sup> Boletín Oficial nº L 199/59 de fecha 30.07.1999

Con objeto de contestar estas preguntas, el CSTE nombró un grupo de trabajo que incluía miembros del CSTE<sup>2</sup>, así como expertos externos<sup>3</sup> y miembros de otros comités científicos de la Comisión<sup>4</sup>. El grupo de trabajo se reunió el 13 de junio, el 10 de septiembre y 18 de octubre de 2001. Se decidió estudiar primero la pregunta A, es decir, evaluar si los hallazgos científicos resultantes de nuevas investigaciones sobre efectos no térmicos de campos electromagnéticos podían conducir a cambios de la evaluación científica subyacente en la opinión del SCC de junio de 1998. Dada la disponibilidad de cierto número de excelentes revisiones científicas de estudios anteriores, el grupo de trabajo utilizó estas revisiones como la principal fuente documental sobre la cual elaborar sus propias conclusiones.

Puesto que el informe actual pretende constituir la base para una actualización de la opinión de 1998 del Comité Director Científico, se acentúa el interés por los temas sobre los que existe nueva información. Por tanto, los efectos térmicos agudos sobre la salud (que se han establecido perfectamente para la clase de frecuencias más altas de campos electromagnéticos) no se tratan en el presente informe.

Se utilizaron revisiones de expertos (3-9), junto con documentación científica sobre temas específicos (por ejemplo, cambios del comportamiento neurológico). Dadas las preguntas planteadas al CSTE, la atención se centró en cualquier hallazgo que potencialmente pudiera inducir a reconsiderar los límites de exposición recomendados en 1999. Se debatieron minuciosamente estudios epidemiológicos orientados a identificar asociaciones con riesgos de cáncer. A la hora de interpretar los hallazgos epidemiológicos, se hizo referencia a los criterios clásicos sugeridos hace casi 40 años por Austin Bradford Hill (véase más abajo).

Dada la posibilidad de distintos mecanismos de acción, se estudiaron por separado dos circunstancias, a saber:

- exposición a campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF), es decir, hasta 50-60 Hz emitidos por líneas y cables eléctricos aéreos y subterráneos y por determinados aparatos eléctricos domésticos e industriales y
- exposición a frecuencias intermedias, radiofrecuencias y frecuencias de microondas de 1 kHz a 300 GHz, emitidas por fuentes como unidades de presentación visual, televisores y calentadores de inducción, calentadores de radio frecuencia, teléfonos móviles, difusión de radio y televisión, comunicaciones por microondas y hornos de microondas domésticos e industriales.

La directriz del ICNIRP para campos eléctricos y magnéticos de 50/60 Hz está basada en una densidad de corriente máxima en el cuerpo de 10 mA/m<sup>2</sup>. Esto da por resultado unos niveles de referencia del ICNIRP para el público en general de 5 kV/m y 100 µT para los campos de eléctricos y magnéticos respectivamente.

La tabla siguiente resume a grandes rasgos los efectos subyacentes de campos estáticos, de frecuencia extremadamente baja, de radiofrecuencias y de microondas que posiblemente podrían inducir un cambio biológico.

---

<sup>2</sup> Prof./Dr. B. Terracini (presidente del grupo de trabajo), J. Vos y C. Lambré

<sup>3</sup> A. Ahlbom (Karolinska Institut, Suecia), G. Decat (VITO, Bélgica), J. Jussot-Dubien (Laboratoire PION, Francia) y C. Roy (OMS, Suiza)

<sup>4</sup> M. Maroni (SCP), W. Klein y V. Silano (SSC)

Frecuencia	Mecanismo	Unidad de deposición
Campo magnético estático 0 Hz	Inducción magnética e interacciones magnetomecánicas	
Frecuencias extremadamente bajas 30 Hz – 300 Hz	Inducción de corriente en el cuerpo	$A/m^2 = H_{A/m} \times f \times$ longitud del cuerpo
Radio frecuencias y microondas 0,1 MHz – 10 GHz	Deposición de energía	SAR en W/kg
10 GHz – 300 GHz	Calentamiento de los tejidos superficiales	Densidad de potencia $W/m^2$

SAR = tasa específica de absorción de energía

A = superficie

H = intensidad de campo

### Interacción de campos electromagnéticos con sistemas biológicos

Un importante factor determinante para la inducción de corriente o calor (energía) en un sistema biológico o no biológico es la frecuencia. La unidad de deposición es la densidad de corriente ( $A/m^2$ ) que depende de la intensidad de campo (H en A/m), de la frecuencia y de la longitud del cuerpo. La exposición a frecuencias extremadamente bajas no tiene como resultado la deposición de energía en el cuerpo, mientras que la exposición a radiofrecuencias y microondas (como por ejemplo, radiaciones GSM entre 900 y 1.800 MHz) sí lo tiene. La medida de la deposición o absorción de energía en el cuerpo es la SAR. La energía de todos los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos es varios órdenes de magnitud inferior a la de la radiación ionizante.

Mientras que la radiación ionizante produce efectos bioquímicos tales como la ruptura de enlaces químicos covalentes, generación de iones y otras especies químicas reactivas, las consecuencias primarias de la interacción de campos electromagnéticos con sistemas biológicos es probable que sea la inducción de corrientes. Estas corrientes pueden provocar la formación de dipolos eléctricos y/o la reorientación de los dipolos ya presentes. En el caso de sistemas celulares y animales, no se ha encontrado ninguna relación coherente entre efectos y variación en el tiempo o variación de la intensidad de campo, a frecuencias por debajo de 100 kHz y densidades de corriente de  $10 \text{ mA/m}^2$  o inferiores. De hecho, a estos niveles de exposición, el calor generado por la absorción de energía electromagnética está muy por debajo del producido por los procesos metabólicos normales.

### Criterios para la inferencia causal de Austin Bradford Hill

La mayoría de los estudios epidemiológicos acerca de los efectos de los campos electromagnéticos sobre los seres humanos son de carácter observador, lo que hace problemática la evaluación de la causalidad. En un ensayo clásico (2), Austin Bradford Hill estableció una serie de criterios que son útiles para sacar conclusiones en cuanto a si la existencia de una relación entre una supuesta causa y un efecto expresa causalidad o simplemente una asociación. Con la excepción del primer criterio, ninguno de los otros es una condición *sine qua non*. La hipótesis de causalidad adquiere más fuerza a medida que aumenta el número de criterios cumplidos. Estos criterios son:

- Fuerza de la asociación, expresada habitualmente en términos de riesgo relativo, es decir, el factor por el cual se multiplica la probabilidad de desarrollar la enfermedad en los grupos de población expuestos respecto a los grupos de población no expuestos. Un indicador útil en salud pública es el riesgo atribuible, es decir, la proporción de casos causados por la exposición (bien entre la población expuesta o bien entre la población en general)

- Coherencia de los resultados entre estudios realizados independientemente
- Especificidad de la asociación (aunque se hecho evidente que la regla "una causa - un efecto" es difícilmente aplicable a situaciones con una etiología multifactorial).
- Relación temporal (la exposición tiene que preceder al efecto, teniendo en cuenta el período latente del estado).
- Gradiente biológico, es decir, un efecto dosis - respuesta.
- Plausibilidad biológica, es decir, si es razonable postular que la causa actúa a través de un mecanismo que corresponde al conocimiento biológico de los efectos adversos del agente.
- Coherencia de la interpretación de causa a efecto con hechos de conocimiento general en la historia natural y en la biología de la enfermedad.
- Reproducción experimental del estado (en animales o en el hombre).

## RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS (RF)

Como se ha indicado anteriormente, estas frecuencias son emitidas por fuentes como unidades de presentación visual, televisores, radio de modulación por amplitud, calentadores de inducción, teléfonos móviles, etc. Las revisiones sobre los efectos de la documentación principal utilizada para la preparación del presente informe han sido el "Informe Stewart" (3) publicado en 2000 y la revisión de Elwood (4) de los estudios epidemiológicos que se publicó en 1999 y posteriormente se amplió a principios de 2001, con objeto de identificar una norma de exposición para Australia (5). Según los conocimientos del CSTE, no se ha informado sobre hallazgos importantes adicionales con posterioridad. El CSTE no pudo encontrar ninguna razón importante para disentir de estas revisiones con respecto a la exhaustividad de las observaciones científicas comunicadas ni con la interpretación de los hallazgos científicos.

Se prestó una atención especial a las secciones relativas a los puntos biológicos finales mencionados específicamente en las preguntas hechas al CSTE, es decir, efectos sobre el sistema inmunitario y circulatorio, sobre el sistema nervioso y sobre el comportamiento general de las personas expuestas, así como estudios experimentales y epidemiológicos para investigar los riesgos carcinógenos. Se resume a continuación las conclusiones a las que ha llegado el CSTE en cada una de estas áreas.

**1. Sistema inmunitario:** los niveles térmicos de exposición a radiofrecuencias provocan respuestas de estímulo e inhibición del sistema inmunitario. Generalmente, se ha encontrado que estos efectos son transitorios, volviendo a los niveles normales después de terminar la exposición. No se ha informado sobre efectos sostenidos de exposición a radiofrecuencias de bajo nivel ni sobre la formación de sangre y las células de la sangre en circulación ni sobre respuestas del sistema inmunitario.

**2. Corazón y tensión arterial:** con la excepción de un estudio pequeño pero bien diseñado (que por tanto requiere confirmación de investigaciones más amplias e independientes) que informaba sobre efectos tempranos sobre la tensión arterial en voluntarios expuestos a teléfonos móviles digitales GSM convencionales situados cerca de la cabeza, los hallazgos disponibles no proporcionan pruebas firmes de ningún efecto de los teléfonos móviles sobre el corazón y la circulación de la sangre.

**3. Sistema nervioso:** en ausencia de calentamiento, las pruebas de cambios en excitabilidad neuronal, función neurotransmisora y comportamiento innato y aprendido, así como cambios en la barrera sangre/cerebro, han sido incoherentes y poco convincentes. La extrapolación de estudios de laboratorio hechos en ratas a seres humanos es problemática, debido a las diferencias en el patrón de deposición de energía de radiofrecuencia entre roedores y seres humanos. Además, a diferencia de los seres humanos, las ratas tienen la capacidad de percibir las radiofrecuencias como sonidos, lo que probablemente influye sobre su reactividad. Algunos estudios han sugerido un efecto sobre las proteínas de las membranas y sobre el flujo de calcio y otros iones a través de la membrana de las neuronas y los ritmos de los encefalogramas, pero estos efectos no son reproducibles.

**4. Efectos sobre el comportamiento neurológico y efectos sobre la conducción:** la pertinencia de los estudios experimentales con respecto al hombre es incierta y debido a las diferencias existentes entre las especies en cuanto a la percepción de campos pulsatorios de radiofrecuencia intensos. Los estudios sobre los efectos agudos de los teléfonos móviles sobre voluntarios humanos han demostrado que se producen algunos cambios en el comportamiento neurológico (los así llamados efectos sobre el comportamiento neurológico se encuentran sobre todo en los informes de enfermedades subjetivas), cuyo mecanismo podría incluir un efecto de calentamiento localizado. La interacción entre campos electromagnéticos y medicamentos no se ha investigado adecuadamente. Los efectos principales del uso de teléfonos móviles sobre la conducción son atribuibles a una desviación de la atención.

**5. Efectos oculares:** el ojo es un órgano que constituye un objetivo potencial de la energía de radiofrecuencias y microondas debido a que no está protegido por el hueso. La actividad eléctrica forma parte de la función de la retina y por tanto los objetos situados delante del ojo pueden actuar como "sumidero de calor" en los efectos térmicos. Además, las fibras que constituyen la mayor parte de la lente tienen una capacidad limitada de reparación después de una lesión.

La documentación sobre los efectos oculares de las microondas en animales de laboratorio (incluidos monos y conejos) es muy amplia, pero los diseños experimentales son difíciles de reproducir y los resultados son todavía objeto de debate. Se han observado notables diferencias entre unas especies y otras. Se han producido cataratas en la lente después de la exposición a frecuencias muy altas, pero no está claro si los efectos son debidos a cambios térmicos. Por tanto, la importancia de los conocimientos actuales sobre el riesgo para los seres humanos, en ausencia de efecto térmico, es muy limitada.

**6. Observaciones en seres humanos en relación con otros problemas de salud distintos del cáncer:** todavía no se han obtenido pruebas sólidas, con estudios epidemiológicos formales, de los efectos sobre seres humanos. Esto no se puede interpretar en el sentido de que las frecuencias de microondas y de radio no suponen ningún peligro para la salud humana. La mayoría de los estudios epidemiológicos formales se han centrado sobre la aparición de cáncer.

Entre las personas expuestas a ondas de radio o expuestas de alguna otra manera a campos electromagnéticos, se han preparado informes de casos o informes de pequeñas series de casos de síntomas subjetivos (fatiga, estrés, perturbaciones del sueño, depresión, sensaciones de quemazón, erupciones cutáneas, dolor muscular, problemas de oído, nariz y garganta, así como trastornos digestivos, etc.) en individuos que se han caracterizado como "hipersensibles". Los síntomas descritos parecen afectar a un número limitado de personas, pero no existen todavía estimaciones fiables de la frecuencia con que se producen. No se sabe casi nada del papel de las condiciones de exposición (frecuencia, concentración, duración, etc.). Estudios limitados realizados con voluntarios no han encontrado ninguna relación entre los síntomas comunicados y la exposición a campos electromagnéticos. Por consiguiente, es muy difícil determinar si se trata de verdaderos efectos.

**7. Genotoxicidad:** una revisión de los datos sobre genotoxicidad *in vitro*, sujetos a una evaluación del "peso de la evidencia" (6), han llegado a la conclusión de que no hay indicaciones sólidas de que los campos electromagnéticos entre 30 MHz y 300 MHz puedan causar daños al DNA. En los casos en los que se encontraron efectos, eran atribuibles a hipertermia. A pesar de pequeñas incoherencias en la documentación, se llega a la conclusión de que tanto *in vivo* como *in vitro*, los experimentos sobre la inducción de *micronucleos*, SCF o aberraciones cromosómicas no detectaron ningún efecto. Los ensayos de transformación de células mediante exposición a campos de radiofrecuencias son difíciles de interpretar debido a dificultades técnicas. Se ha informado sobre fragmentación del DNA y sobre los efectos sobre la síntesis del ácido nucleico, que podrían ser importantes desde el punto de vista de la malignidad, pero estos informes no han tenido confirmación independiente y son objeto de una gran controversia. La posible interacción entre los campos electromagnéticos y los agentes mutágenos o carcinógenos físicos y químicos constituyen una interesante hipótesis que todavía no se ha investigado suficientemente.

**8. Carcinogénesis experimental:** la posible carcinogénesis de las radiofrecuencias se ha investigado en cierto número de sistemas experimentales. Los resultados han sido esencialmente negativos. Las observaciones originales de un posible efecto favorecedor sobre carcinogénesis mamaria en ratones no fueron confirmadas por estudios posteriores. Una observación interesante es la de Repacholi *et al* (7) que indujeron una incidencia del linfoma multiplicada por dos en una variedad del ratón transgénico propenso al linfoma (E mu-Pim1) después de la exposición (durante 1 hora diaria en un período de hasta dieciocho meses) a campos de ondas planas de 900 MHz con una frecuencia de repetición de impulsos de 217 Hz y una duración de los impulsos de 0,6 ms (7). Hasta la fecha, no ha aparecido en la documentación abierta ninguna duplicación de este hallazgo. Por tanto, se llega a la conclusión de que proporciona unas pruebas inadecuadas de carcinogénesis experimental.

**9. Efectos sobre la producción de melatonina:** recientes estudios realizados en voluntarios humanos y estudios bien diseñados en ratones no han proporcionado ninguna prueba de un efecto de los campos electromagnéticos sobre este punto final. No existe ningún apoyo para la hipótesis de que una disminución de la producción de melatonina puede interferir con la carcinogénesis mamaria en mujeres o en animales. Por tanto, la importancia para los efectos a largo plazo parece despreciable.

**10. Estudios epidemiológicos sobre la asociación entre campos magnéticos de radiofrecuencia y cáncer humano:** se han publicado diversos estudios que tratan tres circunstancias de exposición: el puesto de trabajo, la residencia cercana a emisores de radiofrecuencia y el uso de teléfonos móviles. Estos estudios han sido revisados en el "informe de Stewart" (3), por Elwood (5) y por un grupo de trabajo creado por la Canadian Royal Society (8).

En conjunto, las pruebas epidemiológicas de radiofrecuencia y microondas no sugieren excesos fundados de casos de cáncer. Algunos estudios fueron muy amplios (por ejemplo, el "estudio Motorola" incluía aproximadamente 200.000 sujetos seguidos durante un total aproximado de 2 millones de personas año-riesgo).

Por tanto, hasta el momento, los estudios epidemiológicos sobre la asociación entre cáncer y radiofrecuencias no indican ninguna necesidad de reconsiderar los límites de exposición que se establecieron hace algunos años. Esto es coherente con la falta de pruebas de efectos genotóxicos que se creía que estaban asociados con el proceso de carcinogénesis.

No obstante, algunas limitaciones de los estudios actualmente disponibles sugieren la necesidad de vigilancia epidemiológica adicional: i. el período relativamente corto de observación, comparado con el período latente potencial de efectos a largo plazo; ii. el uso de sustitutos (por ejemplo, distancia desde fuentes putativas, extensión del uso del teléfono celular, etc.) con objeto de estimar la exposición individual que puede no ser fiable y reducir artificialmente las estimaciones de riesgo y iii. el reducido valor estadístico de los análisis que indica falta de asociación.

#### **Campos de frecuencias extremadamente bajas (ELF)**

La mayor preocupación en relación con las frecuencias extremadamente bajas proviene de informes recientes que plantean la duda de si los campos magnéticos de 50/60 Hz pueden inducir cáncer en el hombre. Una amplia revisión de la documentación disponible ha sido el denominado "Informe de Doll" (9) publicado principios de 2001: este informe ha sido una importante fuente de información para el CSTEE. Además, el CSTEE ha considerado detenidamente resultados de dos metaanálisis de anteriores investigaciones epidemiológicas diseñadas como estudios de control de casos que fueron comunicados en 2000 (10,11). Un "metaanálisis" es una herramienta epidemiológica que contribuye a la evaluación de pruebas globales de una relación de causa a efecto, utilizando investigaciones de estudios realizados por separado. Consiste en la creación de una sola base de datos mediante la agrupación de datos originales de los estudios individuales. Un prerrequisito evidente es que los estudios individuales objeto del metaanálisis tienen que ser comparables, tanto desde el punto de vista del diseño como desde el punto de vista de la evaluación de la exposición.

Los resultados de uno de los dos "metaanálisis", que han sido presentados al CSTEE, incluían nueve estudios publicados entre 1993 y 1999 en los cuales se habían medido campos magnéticos de 50-60 Hz en las casas de niños durante las 24-48 horas anteriores o que se habían evaluado mediante cálculos teóricos. Los números totales de casos y controles fueron respectivamente de 3.247 y 10.400. Análisis de sensibilidad (estimación de riesgos relativos después de una exclusión de estudios realizados en algunos países, especialmente Estados Unidos y Canadá, y análisis limitados a subgrupos de estudios realizados en países escandinavos) no cambiaron sustancialmente las estimaciones.

### **Se llegó a las conclusiones siguientes en relación con los dos metaanálisis:**

- En ambos metaanálisis se estimó una duplicación del riesgo de leucemia para niños que vivían en casas donde las exposiciones a frecuencias extremadamente bajas se estimaron superiores a 0,4  $\mu$ T (0,3  $\mu$ T según el metaanálisis de Groenlandia).
- En algunos estudios, puede haberse producido una predisposición en la selección conducente a una representación excesiva de niños de clase socioeconómica más alta entre los casos, pero no hay razones para creer que esto fuera un fenómeno común a todos los estudios tomados en consideración.
- La categoría de exposición para la cual se ha estimado dicho riesgo en exceso tiene los extremos abiertos. No se han realizado análisis utilizando puntos de corte (debido también a que el número de niños expuestos a más de 0,4  $\mu$ T es muy reducido). En otras palabras, la forma de la relación entre dosis y respuesta por encima de 0,4  $\mu$ T es desconocida.
- Las estimaciones del riesgo relativo para exposiciones intermedias entre las que muestran un exceso estadísticamente significativo y el grupo de referencia dieron un valor ligeramente superior a 1.
- En la mayoría de los estudios incluidos en los metaanálisis realizados en países europeos, los niños con leucemia expuestos a campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas a niveles de 0,4  $\mu$ T y superiores no fue superior al 1% del grupo de población objeto del estudio. Por tanto, el porcentaje de riesgo atribuible de la población es probable que sea inferior al 1% de los casos de leucemia.

Otros puntos finales potenciales de los efectos relacionados con frecuencias extremadamente bajas han recibido menos atención, tanto en seres humanos como en sistemas experimentales. Informes recientes llegan respectivamente a la conclusión de que no hay pruebas firmes de genotoxicidad (8) o daños del DNA (hoja de datos n° 263 de la OMS). Además, la evidencia de efectos sobre el sistema inmunitario es extremadamente limitada.

En el caso de frecuencias extremadamente bajas, los informes [CSTEE/2000/26-Add.35 - "Hipersensibilidad electromagnética: una enfermedad medioambiental" - borrador de la hoja de datos de la OMS (documento que se ha revisado y cuya versión final de se publicará próximamente)] sobre posibles individuos hipersensible requiere confirmación y no proporciona una base para cambiar los límites de exposición.

## Opinión/conclusiones

### Respuesta a la pregunta A:

- La información adicional que ha pasado a estar disponible sobre efectos carcinógenos y otros efectos no térmicos de frecuencias de radiación de radiofrecuencia y microondas en los últimos años no justifica una revisión de los límites de exposición establecidos por la Comisión sobre la base de las conclusiones de la opinión de 1998 del Comité Director Científico. En particular, en el caso de los seres humanos, los estudios epidemiológicos (la amplitud de algunos de los cuales fue muy grande, aunque el período de observación no fue suficientemente largo para una declaración definitiva) no han aportado ninguna prueba de carcinogénesis en niños o adultos. Una serie relativamente grande de estudios de laboratorio no ha proporcionado pruebas de genotoxicidad. Existen posiblemente síntomas subjetivos que afectan a algunos individuos, pero no existe información suficiente sobre los niveles de exposición que producen tales efectos, sobre las características que subyacen en la susceptibilidad individual, sobre los posibles mecanismos biológicos o sobre la prevalencia de individuos susceptibles en distintas poblaciones. Por tanto, los conocimientos actuales son insuficientes para la implantación de medidas destinadas a la identificación y protección de un subgrupo de la población altamente sensible.

En relación con los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas, el CSTEEL llegó a las conclusiones siguientes:

- Análisis combinados de los estudios epidemiológicos sobre la asociación entre exposición a frecuencias extremadamente bajas y la leucemia infantil han reforzado la evidencia de una asociación. Sin embargo, dadas algunas incoherencias en las medidas de la exposición y la ausencia de otros criterios utilizados habitualmente para evaluar la causalidad (especialmente una explicación plausible de los mecanismos biológicos subyacentes, véase lo anterior), la asociación no cumple los criterios adecuados para ser considerada como causal. Por consiguiente, la evidencia global de que campos magnéticos de 50/60 Hz producen leucemia infantil tiene que considerarse como limitada (\*).
- El efecto, si existe, parece estar limitado a exposiciones por encima de 0,4  $\mu$ T. En países europeos, la proporción de niños expuestos a tales niveles es inferior al 1%. Suponiendo que el riesgo se duplique entre los niños expuestos, esto correspondería aproximadamente en la población general a una incidencia en exceso de leucemia infantil inferior al 1%. Para situar esto en un contexto adecuado, en los países europeos, la incidencia de la leucemia es del orden de 45 niños por millón de niños (edades de 0 a 14 años) por año.
- La cuestión de si se debería proponer cambios de los límites recomendados de exposición a campos magnéticos de 50/60 Hz (12) sobre esta base es un problema para gestores de riesgo que supera los límites del encargo hecho al CSTEEL.
- No hay ninguna sugerencia convincente de ningún otro efecto carcinógeno de las frecuencias extremadamente bajas en niños o adultos. La información actual a este respecto no proporciona indicios para reconsiderar los límites de exposición.
- Los informes sobre individuos posiblemente hipersensibles requieren confirmación y no proporcionan una base para proponer cambios de los límites de exposición

---

\* Este término se utiliza de acuerdo con la definición dada por la Agencia Internacional para Investigación sobre el Cáncer, es decir, "Se ha observado una asociación positiva entre la exposición al agente ... para la cual una interpretación causal se considera ... creíble, pero no se pueden excluir la casualidad, la predisposición de opinión o la confusión con una confianza razonable". Por supuesto, el CSTEEL es consciente de que sobre esta base el IARC ha juzgado recientemente que campos magnéticos de frecuencias extremadamente bajas son posiblemente carcinógenos para los seres humanos (grupo 2B) sobre la base de la asociación de campos magnéticos de frecuencias extremadamente bajas en ámbitos residenciales y el aumento del riesgo de leucemia infantil.

### **Respuesta a la pregunta B:**

- Sobre la base de la información disponible para el CSTEE en el momento de responder a esta petición de opinión, el comité no tiene suficientes pruebas científicas en cuanto a efectos térmicos y no térmicos, para proponer alternativas al anexo técnico de la Recomendación del Consejo que establece restricciones básicas y niveles de referencia que limitan la exposición a radiación no ionizante, basadas en las directrices publicadas por la Comisión Internacional sobre Protección contra Radiación No Ionizante.

### **Nota**

El CSTEE proporcionará posteriormente recomendaciones para asignar prioridades a las investigaciones necesarias a fin de llenar las lagunas críticas en los conocimientos actuales que resultan de la revisión resumida que se presenta en este documento.

## Referencias

1. Opinión del Comité Director Científico (SSC) sobre los efectos sobre la salud de campos electromagnéticos de fecha 25-26 de junio de 1998.
2. Bradford Hill. A short textbook of medical statistics, 11ª edición. Edward Arnold, Londres, Melbourne, Auckland, 1984.
3. IEGMP, Independent Expert Group on Mobile Phones and Health, c/o National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Reino Unido, 2000 (“Informe Stewart”, [www.icgmp.org.uk](http://www.icgmp.org.uk)).
4. Elwood JM, A critical review of epidemiological studies of radiofrequency exposure and human cancers. *Environ Health Perspect*, 1999; 107 (suplemento 1), p. 155-168.
5. ARPANSA, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, (en prensa), Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz, anexo 3: Epidemiological studies of exposure to radiofrequencies and human health, Sydney.
6. Brusick D., Albertini L., McRee D., Peterson D., Williams G., Hanawalt P., Preston J. (1998). Genotoxicity of radiofrequency radiation. DNA/Genetox Expert Panel. *Environ Mol Mutag* 32: 1-16.
7. Repacholi MH., Basten A., Gebiski V., Noonan D., Finnic J., Harris A.W. Lymphomas in E mu-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed MHz electromagnetic fields. *Radiant Res*, 1997; 147: 631- 640.
8. Royal Society of Canada, 1999, “A review of the potential Health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices”, informe preparado por un panel de expertos a petición de la Royal Society of Canada for Health, Canadá, Ottawa, Royal Society of Canada, RSC.EPR 99-1.
9. NRPB, ELF electromagnetic fields and the risk of cancer, informe de un grupo de asesoramiento sobre radiación no ionizante. Documentos del NRPB, volumen 12, nº 1, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Reino Unido, 2001 (“Informe Doll”).
10. Ahlbom A., Day N., Freichting M. et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, *Br J Cancer*, 2000, 83:692-69.
11. Greenland S., Sheppard A.R., Kaune W. T. et al. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes and childhood leukaemia. *Epidemiology*, 2000, 11: 624-634 delta.
12. ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Physics*, 1998, 74: 494-522.

**Anexo 1**

HZ  
 $3 \times 10^{15}$

$3 \times 10^{14}$

$3 \times 10^{11}$

$3 \times 10^8$

$3 \times 10^4$

$3 \times 10^1$

0

<b>RADIACIÓN IONIZANTE</b>			
<b>RADIACIÓN NO IONIZANTE</b>	ULTRAVIOLETA		ESTERILIZACIÓN
	VISIBLE		LÁSER
	INFRARROJA		LÁMPARAS FUENTES TÉRMICAS MANDO A DISTANCIA
	RADIO FRECUENCIA	MICROONDAS	RADARES DIATERMIA POR MICROONDAS TELÉFONOS CELULARES ESTUFAS DE MICROONDAS ENLACES DE RADIO
			EMISIONES DE TV Y RADIO TERAPIA POR RADIOFRECUENCIA RADIOAFICIONADOS SOLDADURA POR RADIOFRECUENCIA CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN
	BAJA FRECUENCIA		DETECTORES DE METALES UNIDADES DE PRESENTACIÓN DE VÍDEO MAGNETOTERAPIA APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA LÍNEAS TELEFÓNICAS
<b>CAMPOS ESTÁTICOS</b>		RESONANCIA MAGNÉTICA ELECTROLISIS	