

# INFORME SOBRE RADIOFRECUENCIAS Y SALUD (2011-2012)

Marzo 2013

© *Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (CCARS)*

*Apdo. de Correos 155, 28230 Las Rozas, Madrid*

[www.ccars.es](http://www.ccars.es)

## Presentación

La cuarta edición del Informe del Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (CCARS) llega a su cita bienal con un ligero retraso sobre el calendario de publicación seguido en ediciones anteriores, aunque fiel a su obligación de suministrar a la sociedad española información clara, independiente y actualizada sobre la evolución del conocimiento acerca de los posibles efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos (CEM), especialmente de aquellos emitidos por las estaciones base de telefonía móvil (antenas) y por la utilización de los terminales (teléfonos móviles) así como por las aplicaciones en uso creciente de los sistemas inalámbricos (Wi-Fi).

El trabajo del CCARS en este período ha sido afectado, como no podía ser de otro modo, por la crisis económica-financiera de carácter sistémico y global que ha incidido en los países del entorno europeo y obviamente sobre nuestro país. El CCARS había trabajado a lo largo del año 2011 con la intención de celebrar una Conferencia Internacional en el año 2012 con un doble objetivo: en primer lugar, incrementar la repercusión de las actividades del CCARS, como referente español, en el debate europeo sobre los efectos de los CEM en la salud; en segundo lugar, elaborar un Informe con visión innovadora que integrara contribuciones directas de expertos internacionales avaladas por sus firmas, completando y enriqueciendo las prácticas del meta-análisis, método habitualmente seguido en este tipo de informes por los Comités y aplicado al caso español en las versiones anteriores.

El contexto de dificultad en la obtención de recursos hizo imposible el cumplimiento de ese objetivo, por lo

que el presente Informe, correspondiente al bienio 2011-2012, ha sido elaborado de acuerdo con la metodología tradicional.

La tercera edición (2009-2010) hizo especial hincapié en poner al día la situación histórica sobre los estudios de carácter fundamental en biología básica, realizados examinando los efectos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia sobre organismos, sistemas o modelos biológicos con potencial incidencia sobre la salud. En la presente edición se han continuado explorando estos ámbitos de investigación, pero ahora centrando el análisis en los dos años objeto del Informe. Se detectan algunos avances y resultados interesantes, aunque en general se observa el mantenimiento de la tendencia, ya enunciada anteriormente, de que este tipo de estudios no forman parte de la corriente principal de la investigación biológica, así como que en esta línea de producción de conocimientos científicos y técnicos no se han alcanzado resultados importantes con conclusiones claras y significativas.

La sección sobre los estudios clínicos y epidemiológicos es la que, como suele ser habitual, recoge el mayor número de análisis e informes. En la edición actual se analizan los siguientes: el Informe realizado por el Grupo Consultivo sobre la Radiación no Ionizante del Reino Unido, y el Informe del Instituto Noruego de Salud Pública; al análisis de estos dos informes se une un apartado específico que resume las evidencias científicas relativas a la evolución de tumores con una perspectiva crítica sobre las mismas. Se abre también un nuevo apartado dedicado a examinar los efectos sobre la salud de los usos crecientes de los sistemas Wi-Fi,

cuestiones sobre las que ya ha venido reflexionando el **CCARS** a lo largo del bienio, y que para el presente análisis se basa en las informaciones suministradas por la Agencia de Protección contra la Radiación (**HPA**) del Reino Unido junto a otras informaciones proporcionadas por diferentes agencias internacionales.

En la sección sobre las fuentes de emisión se siguen con el rigor habitual los protocolos y niveles de exposición tanto a nivel europeo como español, prestando especial atención a la medida de los niveles en lugares sensibles, seguimiento que se completa con el rastreo de las tareas de certificación anuales que corren a cargo de las unidades responsables del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, junto con las actualizaciones europeas que han conducido a una propuesta de Directiva destinada a modificar la Directiva previa de 2004, revisión orientada a alcanzar una mayor protección de la salud de los trabajadores.

Dentro del capítulo dedicado a los aspectos jurídicos, el informe aborda, tanto desde el punto de vista doctrinal como a través del análisis de distintas sentencias judiciales, la evolución del tratamiento jurídico de los campos electromagnéticos. Gran parte de las sentencias están relacionadas con aspectos establecidos por leyes y ordenanzas de las CCAA y administraciones locales.

En las secciones que abordan las dimensiones normativas y sociales, el Informe opta en este segundo aspecto por abundar en la explotación de los resultados del Eurobarómetro de 2010, que ya fue someramente analizado en el Informe anterior, pero que la publicación de un trabajo analítico en profundidad con robustas bases estadísticas ha permitido continuar indagando y exponiendo sus resultados en diversos foros: en este trabajo se ofrece una síntesis que trata de combinar los datos

que comparan las situaciones española y europea con las sugerencias de cambio en las políticas de fomento de las investigaciones sobre estos campos, tanto desde el punto de vista del contexto científico tecnológico en el que se desarrollan como en el plano referente a los aspectos sociales en los que inciden. Se presenta además un apartado en el que se reflexiona sobre la relación entre comunicación y alarma social que ha sido elaborado por el responsable de las tareas de comunicación del Comité, Arturo Cuervo, y esta temática se cierra con el que es probablemente el primer análisis que avanza por explorar el papel de la genética en el uso de los teléfonos móviles.

El Comité ha cambiado su composición, se ha incorporado la Dra. Marina Pollán, investigadora del Instituto de Salud Carlos III, cuya reconocidas capacidad y experiencia suponen un importante refuerzo para el **CCARS**, le damos la bienvenida y le expresamos el deseo de que su estancia en el **CCARS** sea lo más beneficiosa posible para ambas partes. Por otro lado, la Dra. Mercedes Martínez Búrdalo, al jubilarse, ha manifestado sus deseos de abandonar el Comité; en este momento de cambio en su vida, además de desearle lo mejor en su nueva etapa, queremos dejar constancia del agradecimiento por su dedicación y fidelidad a los objetivos del **CCARS** y por las valiosas contribuciones realizadas a lo largo de estos años de servicio. También el Dr. Manuel Desco ha decidido abandonar el **CCARS**, al menos temporalmente, debido a que se encuentra inmerso en un período de intensa actividad profesional.

Hay dos temas que representan una preocupación para el **CCARS** respecto al contexto español. En primer lugar, la ausencia de un programa o línea de investigación en estas temáticas respecto a la biología básica y al campo de la salud pública. En segundo lugar, el tema de la hipersensibilidad electromagnética que, aunque sigue sin ser

reconocida como enfermedad, ha tenido un cierto impacto mediático, por lo que el CCARS estima que este tema merece un tratamiento particular que espera afrontar en un futuro próximo.

El capítulo titulado "Estudios experimentales sobre los efectos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia relevantes para la salud" ha sido realizado por el Prof. Agustín Gregorio Zapata González, el Prof. Vicente Larraga Rodríguez de Vera, el Prof. Jesús Ávila de Grado y el Prof. Emilio Muñoz Ruiz. El análisis de los estudios clínicos y epidemiológicos así como la redacción del capítulo "Estudios clínicos y epidemiológicos" ha sido llevado a cabo por el Dr. Francisco Vargas Marcos junto con la Dra. Marina Pollán Santamaría.

El capítulo dedicado a las "Fuentes de emisión de radiofrecuencias y exposición" ha sido redactado por el Prof. José Luis Sebastián Franco. El análisis de los "Aspectos jurídicos y las resoluciones judiciales sobre riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos" ha sido realizado por el Prof. Ricardo de Ángel Yagüez y el Prof. Carlos María Romeo Casabona. Por último, los aspectos relativos a la Percepción Social y Comunicación y Alarma, que se recogen en el capítulo 6 del informe han sido elaborados por el Prof. Emilio Muñoz Ruiz y D. Arturo Cuervo Sánchez. El resumen ejecutivo, presentación, conclusiones y recomendaciones han sido redactados por los coordinadores del informe, que han sido la Dra. Patricia Crespo del Arco y el Prof. Emilio Muñoz Ruiz, Secretaria Ejecutiva y Presidente del CCARS, respectivamente.



# Índice

PRESENTACIÓN	I
1. RESUMEN EJECUTIVO	5
2. ESTUDIOS EXPERIMENTALES SOBRE LOS EFECTOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIA RELEVANTES PARA LA SALUD	7
2.1 Estudios sobre los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) en procesos biológicos	7
2.2 Comportamiento celular	11
2.3 Nanotecnología y nanomateriales magnéticos. Aplicaciones del magnetismo en biomedicina	12
3. ESTUDIOS CLÍNICOS Y EPIDEMIOLÓGICOS	15
3.1 Metodología	15
3.2 Resumen de estudios y revisiones científicas internacionales	16
3.2.1 Agencia de Protección de la Salud (HPA). Reino Unido	16
3.2.1.1 Tumores en humanos	16
3.2.2 Instituto Noruego de Salud Pública ( <i>NIPH</i> )	17
3.2.2.1 Efectos sobre la salud derivados de la exposición CEM de RF	18
3.2.2.2 Caracterización del riesgo y valoración de la incertidumbre. Gestión y percepción del riesgo	19
3.2.2.3 Recomendaciones del <i>NIPH</i>	20
3.3 Efectos de los CEM de RF sobre la salud: Resumen de evidencias	21
3.3.1 Tumores cerebrales y exposición a <i>RF</i>	21
3.3.2 Tumores del acústico	23
3.3.3 Otros tumores	24
3.4 Análisis crítico de la evidencia	24
3.4.1 Argumentos	25
3.4.2 Conclusiones	26
3.5 Antenas de Telefonía Móvil y efectos sobre la salud	27
3.6 Sistemas Wi-Fi y efectos sobre la salud.	28

3.6.1	Características generales de una red Wi-Fi	28
3.6.2	Riesgos para la salud las emisiones de las tecnologías inalámbricas	30
3.6.3	Wi-Fi y la Agencia de Protección contra la Radiación (HPA)	30
3.6.4	Otros estudios sobre <i>Wi-Fi</i>	31
3.7	Observaciones finales	32
4.	FUENTES DE EMISIÓN DE RADIOFRECUENCIAS Y EXPOSICIÓN	33
4.1	Niveles de exposición a las radiofrecuencias	33
4.2	Europa: Exposición a diferentes fuentes	34
4.3	España: Niveles de exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de las estaciones base de Radiocomunicaciones	35
4.3.1	Medidas en lugares sensibles	36
4.3.1.1	Análisis de los niveles de exposición en lugares sensibles	36
4.4	Auditorías de certificaciones anuales	37
4.5	Nuevas consideraciones en dosimetría	37
4.6	Reglamentación sobre la exposición: Directivas y Normas	38
5.	ASPECTOS JURÍDICOS Y RESOLUCIONES JUDICIALES SOBRE RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	41
5.1	Perspectiva doctrinal	41
5.2	Jurisprudencia	43
5.2.1	Jurisprudencia del Tribunal Constitucional	43
5.2.2	Jurisprudencia del Tribunal Supremo	44
5.2.3	Jurisprudencia Civil	45
5.2.4	Conclusiones	45
6.	PERCEPCIÓN SOCIAL: CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS, MEDIO AMBIENTE Y SALUD. COMUNICACIÓN Y ALARMA	47
6.1	Los Eurobarómetros: una síntesis de resultados	48
6.1.1	Resumen de los principales datos	48
6.1.1.1	Comparación entre los datos españoles y los europeos	50
6.1.2	Consideraciones para la reflexión	52
6.2	Comunicación y alarma social en el ámbito de las radiofrecuencias y la salud	52
6.3	Genética y uso de los teléfonos móviles	54



7. CONCLUSIONES	57
8. RECOMENDACIONES	59
9. REFERENCIAS	61
GLOSARIO Y ACRÓNIMOS	70
COMPOSICIÓN DEL CCARS	80



## 1. Resumen ejecutivo

En el informe del CCARS sobre RF y salud (2011-2012) se abordan distintos aspectos asociados a los *campos electromagnéticos*, especialmente de *radiofrecuencias*, tanto desde el punto de vista de sus efectos sobre la salud, como desde otras vertientes que abarcan la dosimetría, el ámbito jurídico así como el de la percepción y la gestión del riesgo. Para ello se han analizado los artículos científicos, informes, normativa y estudios sociológicos, entre otros, que se han publicado, especialmente durante los años 2011 y 2012, por parte de organismos, comités, agencias y grupos de investigación de reconocido prestigio.

Los resultados de las investigaciones en los últimos años no han detectado ningún mecanismo fisiopatológico que pueda explicar los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) de radiofrecuencias sobre las células y el cuerpo humano. Los estudios se han dirigido a analizar los posibles efectos de los campos electromagnéticos sobre los procesos biológicos y sistemas celulares, con el fin de determinar si la exposición a los CEM puede producir anomalías detectables en procesos biológicos. Dado la falta de estandarización en los procedimientos experimentales seguidos es muy difícil realizar una comparativa entre los estudios así como extraer conclusiones generales.

Los estudios y revisiones científicas llevadas a cabo por Comités y organismos internacionales vuelven a poner de manifiesto la ausencia de una relación causa-efecto entre la exposición a las radiofrecuencias y la aparición de efectos adversos

sobre la salud. Especial atención se está prestando a los tumores cerebrales, incluido los *gliomas* dado su corto periodo de latencia y otros tumores de más lento crecimiento (*meningioma* y *neurinoma del acústico*). En general los estudios concluyen que a partir de la información disponible no se puede establecer que exista un aumento del riesgo.

Los estudios y revisiones internacionales concluyen que no hay evidencia convincente de que la exposición a *campos de radiofrecuencia*, incluyendo antenas y terminales de telefonía móvil así como antenas de radio y TV, dentro de los *niveles de referencia* establecidos por las recomendaciones internacionales de la Comisión Internacional sobre la Protección de Radiaciones no-ionizantes (ICNIRP de sus siglas en inglés) y de la Unión Europea (UE) tengan efectos en la salud de los adultos o los niños. Sin embargo, dado que el uso de la telefonía móvil a gran escala es relativamente reciente (15 años) es conveniente mantener el seguimiento de los resultados de los estudios que se sigan publicando.

Respecto a los tumores infantiles, la información es más limitada y habrá que esperar a los resultados de los estudios que están en marcha, como el *Mobi-Kids*.

En relación con las nuevas tecnologías asociadas a dispositivos inalámbricos (*Wi-Fi*) tampoco existen evidencias de que provoquen efectos adversos sobre la salud. De acuerdo con esta evidencia científica disponible, no hay razones que aconsejen no usar los equipos inalámbricos en el ámbito

escolar, doméstico o laboral. En relación con la población infantil, la Agencia de Protección contra la Radiación establece no hay razones que justifiquen que estos sistema Wi-Fi no deban ser usados por los escolares y otros grupos de la población.

Con respecto a los individuos que se declaran hipersensibles a la radiación electromagnética, no se ha encontrado hasta el momento una relación entre los síntomas que declaran padecer y la exposición a los campos electromagnéticos. Por ello, no se considera que exista un fundamento científico para justificar una reducción de la exposición a los CEM de los individuos que se consideran hipersensibles, aunque sea un tema en el que el CCARS recomienda que se continúe investigando, de acuerdo con los estándares de rigor que impone el método científico.

La evaluación de la exposición por parte de las autoridades competentes en España, pone de manifiesto que los niveles de exposición a los campos electromagnéticos asociados a las antenas de telefonía móviles son muy inferiores a los niveles de referencia marcados por la normativa vigente.

Con respecto a la exposición ocupacional, la Comisión Europea ha presentado una propuesta de Directiva del Consejo, aún no implantada, destinada a revisar la directiva actualmente vigente con el fin de garantizar una mayor protección a los trabajadores en su rutina diaria. Esta mejora está dirigida a médicos y enfermeras que trabajan con resonancia magnética, especialistas en radar, soldadores y operarios de mantenimiento de líneas de distribución eléctrica.

Del análisis de las resoluciones judiciales en España en los últimos dos años relacionadas con los campos electromagnéticos, se desprende que las

sentencias han ganado en solidez argumentativa, precisión y calidad. Cabe destacar que la mayor parte de las resoluciones judiciales han estado destinadas a matizar aspectos de las ordenanzas municipales y autonómicas.

En dos Eurobarómetros, realizados en 2006 y 2010 a nivel comunitario europeo, se analiza la percepción del riesgo sobre campos electromagnéticos y salud, entre otros agentes de incidencia medioambiental. De ese análisis de los resultados de los Eurobarómetros se extraen importantes conclusiones sobre la evolución de dicha percepción. Se observa un descenso notable de la preocupación asociada a las emisiones los teléfonos móviles y de las antenas de telefonía, mostrando igualmente una tendencia decreciente para los ordenadores, las líneas de alta tensión y la exposición solar.

Dentro del contexto de cómo gestionar la comunicación de riesgos en el ámbito de la salud se analizan las prioridades que deben seguirse con el fin de disminuir la preocupación del público así como para adecuar el riesgo percibido al riesgo real.

En la parte final del informe se recogen unas conclusiones generales así como unas recomendaciones con el fin de progresar en el conocimiento científico sobre los posibles efectos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias en el ámbito de salud, así como para mejorar la relación entre la sociedad y las nuevas tecnologías.

## 2. Estudios experimentales sobre los efectos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia relevantes para la salud

A continuación se exponen las conclusiones alcanzadas a través de distintos estudios experimentales sobre posibles efectos de los campos electromagnéticos sobre los procesos biológicos y sistemas celulares. Asimismo, y dado el amplio interés que suscita la nanotecnología y sus aplicaciones en biomedicina, se revisan algunos resultados obtenidos en el campo del nanomagnetismo y sus efectos sobre sistemas celulares.

### 2.1 Estudios sobre los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) en procesos biológicos

En la búsqueda bibliográfica realizada por los miembros del CCARS que integran el subgrupo de los estudios experimentales de carácter básico o fundamental, para la elaboración del presente Informe se han identificado algunos trabajos que suministran información valiosa sobre la evolución del conocimiento científico si bien, una vez más, constatamos que los modelos experimentales utilizados y las condiciones de experimentación son muy dispares haciendo muy difícil alcanzar conclusiones generales relevantes; incluso en condiciones o modelos relativamente similares los resultados son frecuentemente contradictorios; algunos de ellos se analizan a continuación.

En anteriores informes se concluyó que la banda de frecuencia centrada en unos  $10^9$  Hz utilizada para telefonía móvil no parecía afectar de un modo claro a funciones neuronales. Sin embargo se sigue investigando si esa baja frecuencia puede dar lugar a algún tipo de toxicidad sobre organismos vivos. Esta búsqueda se orienta bien a analizar pequeñas anomalías en procesos biológicos o a continuar con la difusión de los posibles efectos nocivos de la telefonía móvil. Una posibilidad para tratar de encontrar algún tipo de pequeña anomalía puede basarse en el efecto de las bajas frecuencias en receptores celulares magnéticos. De hecho, se han descrito proteínas magnetosensibles presentes en la amplia escala que va desde las bacterias [Greene&Komeili-2012] hasta los humanos [Hoang-2008]. Estas proteínas juegan un papel en la regulación del ritmo circadiano y fallos en el ritmo circadiano pueden afectar a la respuesta celular que puede desencadenarse cuando el *ácido desoxirribonucleico (ADN)* es dañado [Sancar-2010] o como resultado de problemas metabólicos [Hirota-2012].

La radiación electromagnética o campos electromagnéticos (CEM) es una forma de energía que es emitida y absorbida por partículas cargadas. Esta radiación puede propagarse en forma de ondas a través del espacio, *ondas electromagnéticas*. Los CEM pueden clasificarse en función de la frecuencia de la onda: radio, microonda, infrarrojo, visible,

ultravioleta, rayos X y rayos gamma (véase la Figura 1).

La frecuencia de la radiación utilizada en el uso de teléfonos móviles es de alrededor de  $10^9$  Hz, una frecuencia baja. Estas frecuencias bajas no suelen dañar a las células y como mayor efecto descrito se ha reportado un leve incremento en la temperatura de las células a frecuencias algo mayores a la descrita para los teléfonos móviles. A mayores frecuencias como la de la radiación ultravioleta, rayos X o rayos gamma se puede producir un gran daño que da lugar a la ruptura del material genético y a la muerte celular.

Como previamente se ha indicado, los CEM transportan una energía que puede ser absorbida por partículas cargadas. En base a ello se ha

estudiado si el efecto de radiaciones de baja frecuencia podría afectar más específicamente, dentro de una célula, a procesos en los que pueden estar implicados determinados iones. Uno de estos procesos es la *fosforilación* enzimática de *adenosín difosfato (ADP)*, por *creatina quinasa*, para dar lugar a *adenosín trifosfato (ATP)*, un proceso que puede ser favorecido por la presencia de iones  $Mg^{2+}$ . Trabajos previos sugirieron que un débil campo magnético podría afectar a la formación de *ATP*, a través de un efecto sobre el ión magnesio [Buchachenko&Kuznetsov-2008]. Sin embargo resultados posteriores han indicado lo contrario [Crotty-2012].

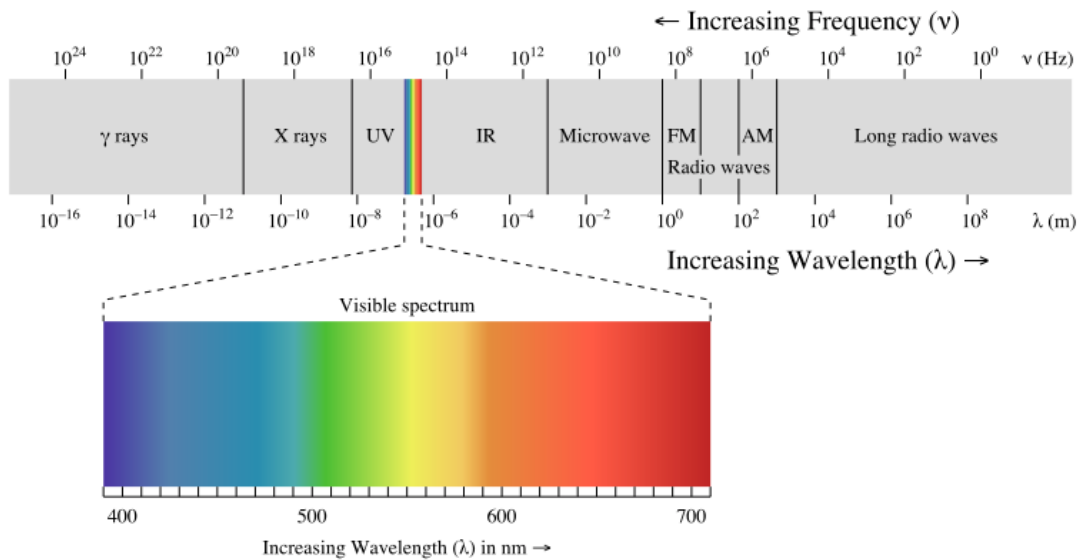


Figura 1. Espectro electromagnético. Clasificación de los campos electromagnéticos en función de la frecuencia. La radiación electromagnética de frecuencia inferior a la correspondiente al ultravioleta se conoce como radiación no ionizante

En la búsqueda, en determinados organismos, de proteínas magnetosensibles se descubrieron los *criptocromos*. *Criptocromos* (del griego *cripto* (escondido), *cromos* (color)), son una familia de *flavoproteínas*, sensibles a la luz azul, presentes en plantas y animales. En pájaros e insectos estas proteínas están implicadas en la orientación de estos organismos en sus desplazamientos, orientación basada en el campo magnético terrestre [Heyers-2007], [Gegeer-2008]. Así se han indicado experimentos, utilizando campos magnéticos de baja frecuencia, que pueden interferir con el campo magnético terrestre y que dan lugar a la pérdida en la orientación magnética de las aves migratorias [Ritz-2004]. También se ha descrito la regulación, por el establecimiento de campos magnéticos, del crecimiento de algunas plantas [Ahmad-2007].

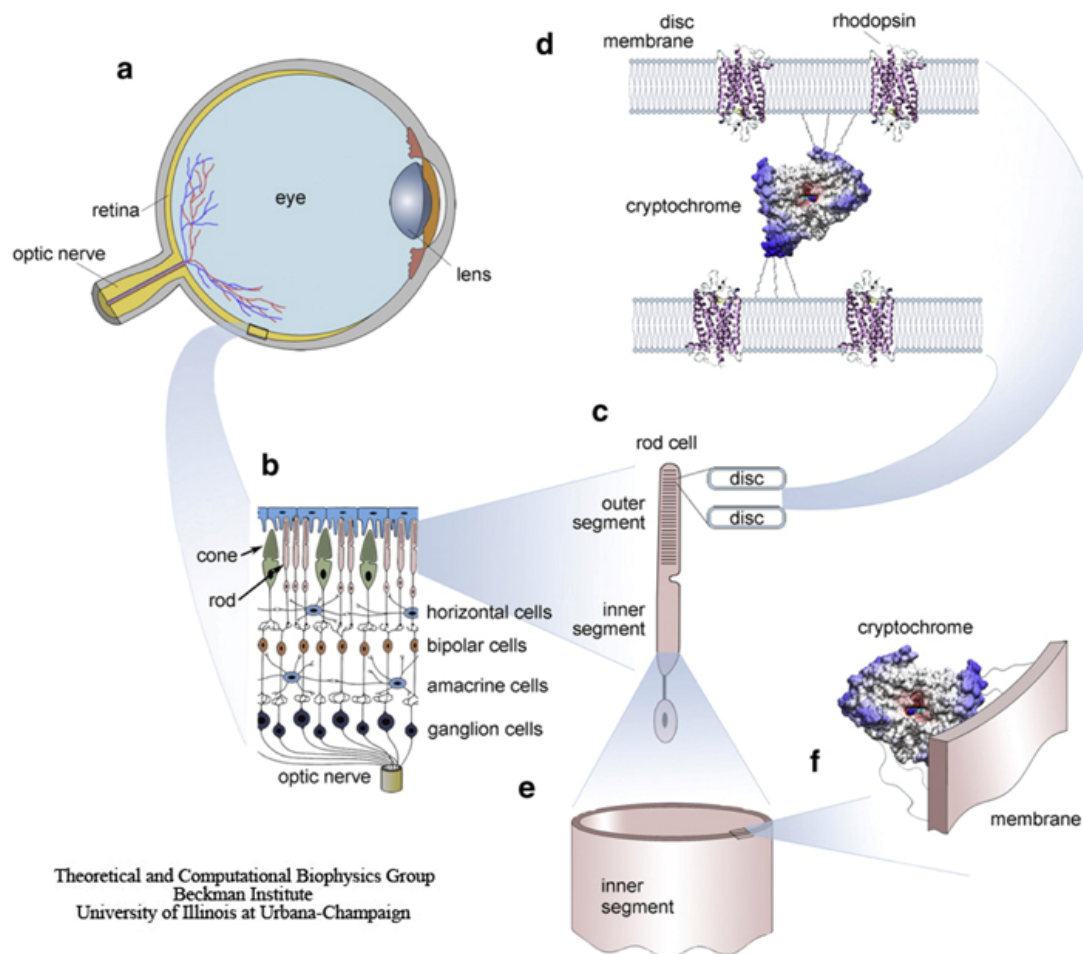
Por otra parte, aquellos procesos relacionados con la señalización vía *criptocromos* pueden estimularse en un campo magnético de 5G (el campo magnético terrestre tiene 0,5G) [Solov'yov&Greiner-2012]. Estas proteínas, como ya se ha señalado anteriormente, parecen regular los *ritmos circadianos* de plantas y animales [Brautigam-2004], [Griffin-1999]. Se ha sugerido que defectos en dicha regulación del ciclo circadiano podrían estar relacionados con el tiempo empleado en la respuesta celular que se produce tras ser dañado el *ADN*, estando implicadas diferentes proteínas en dichas respuestas, entre las que se incluyen los *criptocromos* [Sancar-2010].

Además, los *criptocromos*, o proteínas relacionadas, en organismos simples, parecen facilitar la reparación del *ADN* inducida por la radiación ultravioleta. Sin embargo, en los *eucariotas* más evolucionados, los *criptocromos* no tienen esta actividad enzimática reparadora [Weber-2005].

Uno de los organismos en donde los *criptocromos* han sido más estudiados es *Drosophila melanogaster* [Zoltowski-2011], [Gegeer-2008]. Los *criptocromos* (*CRY*) han sido también descritos en humanos donde existen dos tipos, *CRY1* y *CRY2* [Thompson-2003] y, recientemente se ha descrito el interesante hecho de que el *criptocromo* *CRY2* humano puede reemplazar, en un mutante de *Drosophila* que carece de *criptocromos*, la función magnetosensorial del insecto [Foley-2011], apuntando a unas características universales que explicarían su intercambiabilidad.

En mamíferos los *ritmos circadianos* se regulan por diversos *genes*, como son los denominados como periodo y como *criptocromos*. Se ha observado la localización de *criptocromos* en la retina de las aves [Mouritsen-2004], [Solov'yov&Schulten-2012], véase la Figura 2 donde se muestra un esquema del ojo de un pájaro y sus componentes más importantes. Posiblemente puede ser de interés analizar en el futuro la localización detallada de los *criptocromos* *CRY1* y *CRY2* en el organismo humano y conocer el efecto de los *CEM* de diferentes frecuencias en aquellas zonas donde *CRY1* y *CRY2* están presentes.

En otras palabras, sería conveniente investigar si los *CEM* de baja frecuencia no solo puede tener un efecto inespecífico que puede dar lugar, por ejemplo, a un ligero calentamiento de cultivos celulares sino que puede actuar de un modo más específico sobre alguna proteína que puede absorber dicha radiación y que, además, pudiera actuar de sensor. Como se ha sugerido, una remota posibilidad en mamíferos podría ser que la radiación de baja frecuencia pudiera alterar el *ritmo circadiano*. Desconocemos si se va a hacer un estudio al respecto.



Theoretical and Computational Biophysics Group  
Beckman Institute  
University of Illinois at Urbana-Champaign

Figura 2. Esquema del ojo de un pájaro y sus componentes importantes. La retina (a) convierte las imágenes del sistema óptico del ojo en señales eléctricas enviadas a lo largo de las células ganglionares que forman el nervio óptico al cerebro. (b) Se muestra un esquema de un segmento de retina ampliado. (c) La retina se compone de varias capas de células. Las señales primarias que surgen en los bastones y en los segmentos exteriores de los conos pasan por el horizontal, el bipolar, la amacrine y las células ganglionares. (d) La señal de fototransducción principal se genera en la proteína receptora de la proteína rodopsina, que se muestra esquemáticamente a una densidad más reducida. La rodopsina que contiene membranas con formas de discos con un espesor de  $\sim 20$  nm, estando a unos  $\sim 15-20$  nm de distancia unos de otros. La proteína supuestamente sensible al campo magnético, criptocromo, puede estar localizada en una manera específicamente orientada entre los discos del segmento exterior de la célula fotorreceptora, como se muestra esquemáticamente en el panel d o los criptocromos (e) pueden estar unido a la membrana orientada, y cuasicilíndrica del segmento interior de la célula fotorreceptora (f). Figura obtenida del trabajo publicado por el Theoretical and Computational Biophysics Group en Internet. Entre los autores están Solov'yov y Greiner.



## 2.2 Comportamiento celular

Como ampliación a los estudios anteriormente reseñados nos gustaría añadir algunos más que han estudiado durante 2012 (o finales de 2011) el comportamiento celular en distintos sistemas: células normales y tumorales, componentes del sistema inmune o del tejido conectivo que demuestran la relevancia de los campos electromagnéticos de alta o baja frecuencia. Desgraciadamente, una vez más constatamos que los modelos experimentales utilizados y las condiciones de experimentación son muy dispares haciendo imposible alcanzar conclusiones generales relevantes; incluso en condiciones o modelos relativamente similares los resultados son frecuentemente contradictorios.

En cuanto a los efectos de los campos electromagnéticos sobre *células y tejidos eucariotas* Aly y cols. estudiaron el movimiento de leucocitos de sangre periférica humana en respuesta a un gradiente de *Adenosín Monofosfato cíclico (AMPc)* sometidos a una radiofrecuencia de 1800 MHz generada por un teléfono móvil colocado a 5 cm del microscopio [Aly-2011]. En estas condiciones aumentaba, en general, la velocidad de los leucocitos en el gradiente y cambiaba la dirección del movimiento celular, aunque en algunas ocasiones las células sufrían cambios morfológicos que resultaban en una pérdida de la capacidad de movimiento.

Karbownski y cols. han encontrado que campos magnéticos equivalentes a patrones electrofisiológicos cerebrales observados en algunos sujetos aplicados en los tres planos del espacio (1 hora/día durante 5 días) reducían el crecimiento de la línea B16-BL6 de melanoma [Karbownski-2012].

Otros autores, sin embargo, no fueron capaces de observar efectos de distintas ondas electromagnéticas sobre *células del sistema inmune*, tradicionalmente descritas como particularmente sensibles a ellas. Nasta y colaboradores [Sambucci-2011] utilizando distintas dosis de señales GSM y Wi-Fi suministradas a *fetos murinos* (en útero) o postnatalmente no encontraron efectos en numerosos parámetros inmunológicos, como proporciones de linfocitos de sangre periférica, diferenciación de linfocitos B, progenitores linfoides de médula ósea, producción de anticuerpos o de *interleucina-2 (IL2)* tras *estimulación antigénica* o con *mitógenos*. Tampoco Bouwens y colaboradores observaron cambios en los patrones de expresión de distintas *citocinas* y otras moléculas inflamatorias en una línea de *leucemia monocítica* humana THP-1 o en cultivos primarios de *monocitos* y *macrófagos* sometidos a distintos protocolos de estimulación electromagnética [Bouwens-2012].

Por el contrario, la aplicación *in vivo* de radiofrecuencias bipolares de baja frecuencia y energía a la cola de ratones generaba, de acuerdo a un estudio histológico semi-cuantitativo, un aumento en el número, la capacidad proliferativa y la actividad biosintética de los *fibroblastos* del tejido conectivo de la dermis sin inducir alteraciones patológicas [Beltrán-Frutos-2012]. Más interesantes son los trabajos sobre los efectos de campos electromagnéticos de alta frecuencia sobre la diferenciación de *células osteoprogenitoras* [Teven-2012]. En este estudio, cultivos de *células osteoprogenitoras C3H10T1/2* o aisladas del *calvarium* de rata fueron sometidos a campos electromagnéticos de 27.1 MHz y analizada su capacidad proliferativa y de diferenciación. Mientras

la primera no se modificaba, el tratamiento inducía un aumento de la expresión de distintas *proteínas morfogenéticas* (osteopontina, osteocalcina). Estos resultados podrían ser extremadamente interesantes para el tratamiento de distintos defectos óseos mediante ingeniería tisular.

## 2.3 Nanotecnología y nanomateriales magnéticos. Aplicaciones del magnetismo en biomedicina

La relevancia de los materiales magnéticos en los desarrollos tecnológicos y en los ámbitos de las ciencias aplicadas está permitiendo detectar su influencia en nuevas áreas del conocimiento y disciplinas que conectan física, química, biología y biomedicina. Esos hallazgos y usos de naturaleza híbrida determinan la necesidad de evaluar sus consecuencias y efectos en modelos biológicos que tengan proyección en los problemas de salud. De todo ello se puede aprender acerca de los posibles efectos magnéticos sobre los seres vivos y progresar así en la definición de los niveles de seguridad que hay que aplicar.

Como fruto de las crecientes aplicaciones asociadas con el mundo de la nanotecnología, un grupo interdisciplinar de investigadores ha explorado el efecto en la función cardiovascular de unas nanopartículas magnéticas basadas en ferritas de nueva fabricación [Su-2012]. Para ello, utilizan como diana las *células endoteliales* de la vena umbilical de origen humano (*HUVECS*, *Human Umbilical Vein Endothelial Cells*), llevando a cabo *estudios in vitro* con cultivos de las citadas células y sobre el endotelio en *estudios in vivo* con *ratones BALB*, tras la exposición de dichos modelos experimentales a las partículas ferromagnéticas fabricadas en trabajos previos por el mismo grupo de investigación.

Las células *HUVEC* sometidas a diferentes concentraciones en un amplio rango (1-400 *microgramos por ml*) mostraron alteraciones en la viabilidad celular a partir de la concentración más alta (400 *microgramos por ml*). Esta alteración no resultaba de la inducción de *necrosis* o *apoptosis* sino por la inhibición de la proliferación celular. Las nanopartículas se internalizaban en las células *HUVEC*, localizándose en el interior del citoplasma pero sin entrar en el núcleo. Dentro de la exploración bioquímica, se detectó un incremento en la producción de óxido nítrico y en la actividad del enzima endotelial responsable de la síntesis ("sintasa") de dicho compuesto con un descenso concomitante de *caveolina-1*.

En los experimentos *in vivo*, la inyección intravenosa en dosis de 5 *mg* de nanopartículas por *kg* no produjo ningún efecto *citotóxico* en el *endotelio*, mientras que el tratamiento con una dosis cuatro veces superior, 20 *mg por kg*, produjo daños en el endotelio con un incremento en el nivel de óxido nítrico.

Los datos presentados en este trabajo sobre el efecto de nanopartículas magnéticas ilustran claramente la existencia de daño celular dependiente de la dosis, lo que permite establecer bases para el diseño apoyado científicamente de protocolos de seguridad.

El incesante interés por el proceso de reprogramación celular en campos de la investigación básica y aplicada en biología celular, biotecnología y ciencias biomédicas, ha atraído el interés por el desarrollo de plataformas de *sistemas microfluidicos* que pueden facilitar la miniaturización del proceso y reducir los costes y el consumo de reactivos para alcanzar el objetivo de la diferenciación celular, con paulatino impacto en las

aplicaciones biológicas que se abren con el desarrollo de estos procesos.

Las técnicas de manipulación celular en *sistemas microfluidicos* recurren a manipulaciones magnéticas que presentan la evidente ventaja de que el material celular sufre un "stress" reducido. Por ello, se recurre cada vez con mayor intensidad al uso de bolas (cuentas) magnéticas para separar, aislar y detectar células.

En esta línea se sitúa un trabajo realizado por un amplio grupo pluridisciplinar e internacional de dieciséis investigadores (procedentes de instituciones alemanas, austríacas y eslovenas), en el que se describe y se comprueban las propiedades de un transportador celular dirigido magnéticamente para que sirva como vehículo en un entorno de

manipulación de células *in vitro*. Buscando la optimización del proceso de fabricación (aproximación ingenieril) y controlando en paralelo la *biocompatibilidad* de los dispositivos desarrollados, se ha conseguido fabricar un transportador de células que funciona en un sistema microfluidico y que mejora la eficiencia de los procesos de diferenciación celular [Krecji-2012].

Además de la obtención de este transportador plano, de carácter ferromagnético y completamente *biocompatible* para la manipulación de células, el trabajo puede contribuir al futuro desarrollo de transportadores magnéticos que ofrezcan alternativas valiosas a las bolas o perlas magnéticas o las pinzas ópticas en el campo de la automatización de la manipulación de células.



## 3. Estudios clínicos y epidemiológicos

En este Informe sobre Radiofrecuencias y Salud (2011-2012), el Grupo de Estudios Clínicos y Epidemiología del CCARS ha revisado las nuevas evidencias epidemiológicas sobre la exposición a radiofrecuencias emitidas por los dispositivos utilizados en las tecnologías de telefonía móvil (TM) y sus efectos sobre la salud.

En este apartado se presentan los resultados resumidos y actualizados de los estudios clínicos y epidemiológicos más relevantes publicados en el período 2011-2012.

### 3.1 Metodología

La metodología seguida para la elaboración de este capítulo ha consistido en la revisión exhaustiva de la bibliografía científica publicada en el período comprendido entre agosto de 2010 hasta noviembre de 2012.

Se ha realizado una búsqueda sistemática en bases de datos especializadas como *PUBMED* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) y en la plataforma de información *EMF-Portal* (<http://www.emf-portal.de>). La plataforma *EMF-Portal* es una web de información sobre los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) sobre el ser humano y la interacción con los sistemas biológicos. Sus principios editoriales son objetivos y transparentes, no toma parte ni a favor ni en contra de los efectos de los CEM. La gestión y mantenimiento de la web la realiza un equipo

independiente que facilita el acceso a una información rigurosa, exhaustiva y fiable.

Los descriptores utilizados han sido los términos habituales en este tipo de búsquedas bibliográficas: *CEM*, radiofrecuencia (*RF*), telefonía móvil (*TM*), estaciones base, efectos adversos sobre la salud, tumores cerebrales, *hipersensibilidad electromagnética*, *leucemia*, entre otros. Se han consultado más de 48 artículos publicados en el período de estudio en revistas de reconocido prestigio.

Se han tenido en cuenta los estudios clínicos y epidemiológicos que aportan mayor peso de la evidencia, en función del tipo de diseño del estudio, metodología, calidad, validez, consistencia y reproducibilidad.

Por último, quisiéramos señalar que, al igual que en ediciones anteriores del Informe, se han priorizado las revisiones sistemáticas [Delgado-2006], metaanálisis [Guerra-2010] y las revisiones realizadas por las agencias, comités internacionales y autoridades competentes en la evaluación de riesgos relacionados con las radiofrecuencias, tales como la *Agencia de Protección de la Salud (HPA)* del Reino Unido y el *Instituto Noruego de Salud Pública (NIPH)* ya que aportan una información científica exhaustiva, rigurosa y actualizada.

## 3.2 Resumen de estudios y revisiones científicas internacionales

### 3.2.1 Agencia de Protección de la Salud (HPA). Reino Unido

El *Grupo Consultivo para las Radiaciones no Ionizantes (AGNIR, Advisory Group on Non-Ionising Radiation)* que pertenece a la *Agencia de Protección de la Salud (HPA)* del Reino Unido publicó el 25 de abril de 2012 su Informe titulado "*Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields*" ("*Efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias*") [HPA-2012]. Este informe actualiza al que la Agencia publicó en 2003 [HPA-2003], y cuyo antecedente era el informe Stewart del 2000 [IEMPG-2000].

El informe analiza la evidencia científica sobre exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencias (100 kHz - 300GHz) ya sean producidos por las tecnologías de telefonía móvil como por otros aparatos inalámbricos, como los asociados al *Wi-Fi* y a las antenas transmisoras de radio y televisión. El informe, que hace referencia a la gran cantidad y calidad de los estudios publicados desde 2003 y que han sido tenidos en cuenta para hacer sus análisis, concluye que no hay evidencia convincente de que la exposición a campos de radiofrecuencia dentro de los *niveles de referencia* establecidos por las recomendaciones internacionales de la ICNIRP (*ICNIRP*) y la Unión Europea (*UE*) tengan efectos en la salud de los adultos o los niños. Los niveles de referencia se recogen en [ICNIRP-1998] y [UE-1999]. El *Grupo Consultivo AGNIR* considera que siguen existiendo cuestiones en las que el conocimiento sigue siendo insuficiente como para establecer conclusiones definitivas y que, como el uso masivo del teléfono móvil es relativamente reciente (15 años), es

conveniente mantener el seguimiento de los resultados de los estudios que se sigan publicando.

Como menciona el informe de la *HPA*, la exposición de la población a las *RF* de origen artificial es prácticamente universal, sus fuentes proceden de una amplia variedad de dispositivos y sistemas usados en comunicaciones, diagnóstico y tratamiento médico (diatermia, magnetoterapia, cirugía, resonancia magnética) y en la industria. A pesar de que se ha producido un notable aumento de la exposición media de la población, los niveles observados están por debajo de los recomendados como seguros.

Por otra parte, el informe señala que las nuevas tecnologías de comunicación, el uso eficiente del espectro y los sistemas de control de potencia adaptativa de los terminales que reduce la potencia media de emisión de energía y aumenta la duración de las baterías, la generalización del uso de *SMS*, *WhatsApp* y redes sociales tienden a reducir la exposición individual.

Globalmente la mayor exposición del público durante su vida diaria procede del uso del teléfono móvil. La exposición a otras fuentes como los sistemas *Wi-Fi*, antenas de enlaces de microondas, radio y *TV* es muy inferior a las emitidas por los teléfonos móviles.

#### 3.2.1.1 Tumores en humanos

Los estudios de exposición ocupacional así como de poblaciones que viven cerca de estaciones emisoras de *RF* y así como de radio y *TV* no indican que éstas provoquen cáncer, aunque existen importantes limitaciones metodológicas sobre todo en la medición de la exposición.

Hasta la fecha, los resultados de los estudios epidemiológicos no demuestran que el uso del

teléfono móvil cause tumor cerebral u otro tipo de tumor maligno. Aunque hay una evidencia considerable de que no hay relación causa-efecto en un periodo de 10 años desde el primer uso del teléfono móvil, la evidencia necesita confirmarse para períodos más amplios de uso (más de 15 años) que tengan en cuenta los *períodos de latencia* o inducción de cada tipo de tumor. Respecto a los tumores infantiles la información es más limitada y habrá que esperar a los resultados de los estudios que están en marcha, como el Mobi-Kids [Mobi-Kids].

La medición de la exposición asociada al uso del teléfono móvil es compleja porque está sujeta al *sesgo* del recuerdo retrospectivo, por esta razón se recomienda mantener un seguimiento específico de las tendencias de las tasas de incidencia de los tumores cerebrales.

De forma resumida, las conclusiones de esta amplia y exhaustiva revisión de las evidencias son las siguientes:

- *No se ha demostrado ningún efecto sobre la salud para exposiciones por debajo de los límites internacionalmente aceptados.*
- *En relación con el riesgo de cáncer y el uso del teléfono móvil la evidencia no es definitiva pero la tendencia está aumentando en la dirección de que la exposición no tiene efectos. Los datos disponibles no sugieren una asociación causal entre el uso del móvil y tumores malignos en adultos (glioma).*
- *Las evidencias de los estudios experimentales señalan que las personas expuestas son incapaces de detectar la*

*presencia de campos electromagnéticos de RF.*

### 3.2.2 Instituto Noruego de Salud Pública (NIPH)

En 2012 el NIPH publicó el informe titulado "*Report 2012:3 Low-level radiofrequency electromagnetic fields – an assessment of health risks and evaluation of regulatory practice*" ("*Informe 2012:3 campos electromagnéticos de radiofrecuencia de baja intensidad- una valoración de los riesgos para la salud y una evaluación de la práctica reguladora*") [NIPH-2012]. Este excelente trabajo es una exhaustiva revisión y evaluación de las evidencias sobre los efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos débiles (o de baja potencia) de radiofrecuencia. Esta revisión ha sido realizada por un Comité Científico de expertos independiente y multidisciplinar, promovido por las autoridades sanitarias noruegas, cuyo objetivo ha sido actualizar la información científica sobre esta materia y, al mismo tiempo, clarificar si es necesario modificar los actuales límites de exposición.

El Comité de expertos, después de analizar las evidencias más relevantes, ha llevado a cabo una evaluación del riesgo de las RF y de su regulación actual en Noruega y otros países.

Los datos de exposición se han basado en los estudios realizados en ese país durante el año 2010. En Noruega, la exposición ambiental total procedente de todas las fuentes de RF fue inferior a  $0,01 \text{ W/m}^2$  en el 91% de las de las mediciones y por debajo de  $0,001 \text{ W/m}^2$  en el 70% de los puntos de medida. En la mayoría de estos lugares el valor observado fue 1000 veces más bajo que el *nivel de referencia* establecido por el ICNIRP. Estos niveles son



comparables a los observados en otros países europeos.

El teléfono móvil es la principal fuente de exposición individual debido a la corta distancia que existe con la cabeza cuando se está hablando. Como ya han establecido otras agencias y entidades competentes en la evaluación de riesgos, el comité de expertos noruego afirma que una mayor densidad de estaciones base produce una mejor cobertura de señal, el teléfono móvil transmite con menor potencia y por lo tanto se reduce la exposición total. Al mismo tiempo, las mejoras tecnológicas en las redes de transmisión y el uso de la tecnología *UMTS* conduce a una reducción significativa de la exposición de la población en comparación con los teléfonos que utilizan la tecnología *GSM*.

### 3.2.2.1 Efectos sobre la salud derivados de la exposición CEM de RF

El Comité de expertos valoró si podrían producirse efectos adversos para la salud a exposiciones más bajas que las *restricciones básicas* y los *niveles de referencia* establecidos en las recomendaciones del *ICNIRP*, es decir para exposiciones a *CEM de RF* de baja potencia o débiles definidos como aquellos que dan lugar a una exposición por debajo de los límites inferiores a los *niveles de referencia* establecidos por el *ICNIRP*, y que no producen calentamiento o excitación del sistema nervioso. Algunos de los estudios publicados han observado respuestas biológicas que no implican efectos adversos para la salud y que son equiparables a las respuestas del cuerpo humano a influencias físicas como el frío o el calor.

#### Cáncer cerebral

La mayoría de los estudios publicados han investigado el riesgo de tumores cerebrales asociado

al uso del teléfono móvil. Con la excepción de algunos *estudios de tipo caso-control* (estudios publicados por el grupo de Hardell del Departamento de Oncología del Hospital Universitario de Örebro, Suecia) la mayoría de los *estudios caso-control* y de *cohortes* no han observado un aumento del riesgo. El Comité de expertos consideró que el citado aumento del riesgo de algún *estudio caso-control* es inconsistente con los resultados observados en los estudios de evolución de tendencias de incidencia de estos tumores, los cuales no han mostrado un incremento a lo largo del tiempo en los registros de cáncer de los países Nórdicos y en otros países (Reino Unido, EEUU).

Globalmente, los datos disponibles no muestran una asociación entre la exposición a las *RF* de los teléfonos móviles y los tumores de rápido crecimiento, incluido los *gliomas* que tienen un corto *período de latencia*.

Respecto a los tumores de lento crecimiento (*meningioma* y *neurinoma del acústico*) la información disponible no indica un aumento del riesgo. Sin embargo, todavía es demasiado pronto para excluir completamente la posibilidad de que pueda haber una asociación con la exposición a las *RF* de los teléfonos móviles porque el tiempo de uso es demasiado corto.

Los estudios epidemiológicos de *cohortes* y *caso-control* no aportan información sobre los efectos en largos *períodos de latencia* (o de inducción). El período más largo de latencia estudiado es de 13 años.

En relación con la *leucemia*, *linfomas*, tumores de glándulas salivares y otros tipos de tumores no hay suficientes datos como para obtener conclusiones, pero los datos de los estudios disponibles no sugieren un aumento del riesgo.



Se han publicado varios estudios, basados en registros de incidencia de tumores en niños y adolescentes, que no muestran un incremento de las tendencias a lo largo del tiempo desde la introducción del uso generalizado del teléfono móvil.

Los estudios sobre la baja exposición a las *RF* de las antenas de telefonía móvil, radio y *TV* no sugieren que exista un aumento del riesgo de cáncer.

Se han llevado a cabo un gran número de investigaciones sobre cáncer en animales y mecanismos relevantes con sistemas modelo como microorganismos y células *in vitro*. De forma general, estos estudios confirman las evidencias de que la exposición a *CEM* débiles de *RF* no provoca cáncer.

Debido a los numerosos problemas metodológicos, la realización de nuevos *estudio caso-control* solo aportarían evidencias muy limitadas. Por estas razones el informe establece que es más importante que los nuevos estudios vigilen la incidencia de tumores en registros de base poblacional con una elevada calidad de la información obtenida.

#### **Efectos sobre la fertilidad, corazón, presión sanguínea y circulación, cambios en la expresión genética, sistema inmunitario y hormonal y nervioso e hipersensibilidad electromagnética**

La revisión detallada de los últimos estudios publicados permite afirmar que la exposición a los *CEM* débiles de *RF* no produce efectos adversos para la salud.

En algunos estudios los cambios detectados son efectos biológicos que no tienen impacto sobre la salud o enfermedad incluso en el sistema nervioso. Los cambios observados en la actividad eléctrica del cerebro de voluntarios humanos, mediante electroencefalografía (*EEG*), sometidos a señales de *GSM* no se traducen en síntomas clínicos relevantes

o en una pobre calidad del sueño. La exposición a *UMTS* no parece provocar estos cambios de la actividad eléctrica. Los estudios sobre metabolismo y flujo sanguíneo cerebral muestran resultados inconsistentes. Tampoco hay evidencia de que la exposición provoque cambios en el rendimiento intelectual y la conducta.

#### **Hipersensibilidad electromagnética**

La amplia literatura publicada establece que no hay evidencia de que la exposición a *CEM* de *RF* sea la causa real de los problemas de salud que las personas que se autodeclaran como hipersensibles atribuyen a los *CEM*. Tampoco hay evidencia de que estas personas hipersensibles sean capaces en condiciones experimentales controladas de detectar si están expuestas o no a los *CEM*. Los ensayos de *ciego* han demostrado que los síntomas se presentan cuando no están expuestos. El Comité de expertos concluye que los *CEM* no son la causa directa de los problemas de salud que estas personas sienten y atribuyen a la exposición a *CEM*.

La **conclusión general** sobre los estudios realizados en células y tejidos de animales y humanos que han investigado efectos sobre órganos, sistemas y funciones es que no se han observado efectos adversos para la salud.

### **3.2.2.2 Caracterización del riesgo y valoración de la incertidumbre. Gestión y percepción del riesgo**

Esta caracterización del riesgo se ha hecho comparando los niveles actuales de exposición con los efectos conocidos que producen los diferentes niveles de exposición.

La exposición general de la población noruega está por debajo de los niveles establecidos por el *ICNIRP*. Por esta razón se considera que hay una buena protección de la salud.

El Comité de expertos reconoce que todavía persiste una cierta incertidumbre respecto al uso del teléfono móvil aunque considera que es pequeña. Respecto a otras fuentes de exposición como las estaciones base, redes inalámbricas *TV* y uso de teléfonos móviles por otros individuos la incertidumbre es insignificante.

La decisión sobre si debería introducirse una estrategia de precaución depende de la naturaleza y severidad de la incertidumbre resultante de la evaluación del riesgo. Las medidas para una reducción mayor de la exposición a las *RF* no deberían aplicarse si no hay una buena evidencia científica que demuestre que la exposición es perjudicial para la salud. Hay bastante consenso en que la aplicación de ciertas medidas de precaución que no están justificadas por una evaluación del riesgo no reduce la preocupación del público sobre los efectos adversos sobre la salud, más bien en algunos casos, tales medidas la incrementan. En este sentido en nuestro país tenemos las experiencias de los espacios sensibles y las legislaciones más estrictas que las establecidas en el del Real Decreto 1066/2001 [RD1066-2001]. En este sentido se recomienda una buena comunicación del riesgo en el diálogo entre las autoridades y la población que permita una buena comprensión de los riesgos y de las medidas aplicadas.

Las restricciones de la instalación de las antenas de *TM* en algunos lugares sensibles, impuestas por algunos ayuntamientos noruegos, han ocasionado un aumento de la exposición de los usuarios del teléfono móvil en las proximidades de esos lugares debido a la baja cobertura de la señal y al

correspondiente aumento de la potencia necesaria para establecer la comunicación.

La Autoridad Noruega de Protección frente a la Radiación (*NRPA*) facilita información y asesoramiento de acuerdo a su legislación (límites recomendados por el *ICNIRP*) sobre cómo reducir la exposición de acuerdo al criterio "tan bajo como sea razonable alcanzar". Este principio se traduce en una valoración previa de la dirección y potencia de la transmisión del emisor y de la proximidad a zonas donde los individuos permanecen durante largos períodos de tiempo. Además facilita información sobre cómo reducir la exposición al usar el teléfono móvil. La *NRPA* no recomienda que las redes y sistemas *Wi-Fi* sean sustituidos por redes cableadas. La *NRPA* es una de las autoridades nórdicas que participaron en la elaboración del documento "*Mobile Telephony and Health, A common approach for the Nordic competent authorities*" ("*Telefonía móvil y salud, una aproximación conjunta de las autoridades nórdicas competentes*") [Nordic-Auth-2009]. En este documento, las autoridades nórdicas coinciden en que no hay evidencia científica de los efectos adversos para la salud causados por intensidades de campo de radiofrecuencia en las condiciones de vida normales en la actualidad.

### 3.2.2.3 Recomendaciones del *NIPH*

A continuación se resumen las recomendaciones del *NIPH*:

- *No modificar los actuales límites de exposición (ICNIRP) porque se consideran seguros. No hay razones para recomendar esta reducción como herramienta para disminuir la preocupación de la población sobre los efectos sobre la salud.*

- El conocimiento basado en la evaluación del riesgo establece que no hay razones para afirmar que se produzcan efectos adversos para la salud derivados de la exposición habitual de la población. Esta conclusión es aplicable también al uso de tecnologías inalámbricas en el medio ambiente laboral.
  - No se cumplen las condiciones para justificar la aplicación del principio de precaución.
  - No hay fundamento científico para justificar una reducción de los CEM de los individuos que se consideran hipersensibles.
  - Es necesario dar una buena información y comunicación acerca de los CEM de RF de baja potencia y posibles efectos sobre la salud mediante una estrategia fundamentada que incluya información, comunicación y uso de los medios de comunicación.
  - La instalación de nuevas antenas de TM debería cumplir el principio de “cualquier exposición no debería ser más alta de la necesaria para alcanzar el fin perseguido”. Es decir que la buena cobertura para los teléfonos móviles debería ser establecida para que se reduzca lo más posible la exposición producida por el uso del teléfono móvil.
  - No llevar a cabo mediciones individuales de exposición ya que no son fáciles de interpretar y comunicar. En la mayoría de los casos es suficiente usar las experiencias previas y el conocimiento sobre los niveles de exposición.
- En relación con la industria:
    - a) Los fabricantes deben equipar sus aparatos con sistema manos libres, informar sobre la importancia de utilizarlos y proporcionar información sobre el SAR. Los vendedores de TM deberían dar información a los consumidores sobre el SAR de los nuevos aparatos.
    - b) Los aparatos con potencias de emisión inferiores a 100mW emiten energías tan bajas que no es necesario medir la exposición. Deberían dar información sobre la exposición y como el aumento de la distancia reduce la exposición.
    - c) En relación con la investigación se propone dedicar recursos y vigilar la investigación internacional sobre los efectos de los CEM.
    - d) Por último se recomienda hacer un seguimiento de la evolución en el tiempo de las tasas de incidencia de cáncer.

### 3.3 Efectos de los CEM de RF sobre la salud: Resumen de evidencias

#### 3.3.1 Tumores cerebrales y exposición a RF

Salvo algunos estudios (en particular los realizados por el grupo de Hardell antes mencionado) la mayoría de los estudios epidemiológicos publicados hasta la fecha no han observado una asociación entre uso del teléfono móvil y aumento del riesgo de tumor cerebral. Si esta asociación fuera causal la elevada y generalizada exposición al uso de las RF emitidas por

la telefonía móvil debería reflejarse en la evolución de las tendencias de las tasas de incidencia de tumores cerebrales. La realidad objetiva es que las tasas permanecen invariables o no muestran ningún incremento. Por esta razón, la interpretación más plausible es que no hay una relación causa efecto.

Si hubiera una asociación causal entre el uso del *TM* y los tumores cerebrales debería observarse un aumento de las tasas de incidencia de estos tumores. La realidad es que los estudios realizados en:

- a) Países Nórdicos (entre 1974 y 2003) [Deltour-2009] y [Deltour-2012]
- b) niños en Países Nórdicos (entre 1985 y 2006) [Schmidt-2011]
- c) Suiza (entre 1969 y 2002) [Roosli-2007]
- d) Inglaterra (entre 1998 y 2007) [de Vocht-2011]
- e) EEUU (entre 1992 y 2006) [Inskip-2010], (entre 1987-2007) [Kohler-2011]
- f) Taiwan [Li-2012]
- g) Países Nórdicos, estudio CEFALO [Aydin-2012];
- h) Sanghai [Ding-2011],

no han encontrado ningún aumento de estas tasas. Estos resultados no son compatibles con el riesgo publicado en el estudio *INTERPHONE* [Interphone-webpage]. Si en los próximos años, a pesar del uso masivo del *TM*, siguen sin observarse incrementos en la incidencia de estos tumores, habrá que pensar que no es plausible un efecto causal.

Hasta el momento, la investigación no ha conseguido encontrar ningún nuevo mecanismo de interacción (diferente al calentamiento) entre los *CEM* de *RF* y el cuerpo humano que pueda explicar efectos desconocidos sobre la salud. No hay ninguna evidencia de efectos nocivos sobre la salud por debajo de los límites de exposición establecidos por el *ICNIRP*, la *UE* y el Real Decreto RD 1066/2001.

El estudio realizado por Little y cols. [Little-2012] comparó las tendencias de las tasas de incidencia de glioma en *EEUU* durante el periodo 1992-2008 con

los resultados de los estudios *Interphone* y los del grupo de Hardell que sirvieron de base para clasificar las *RF* emitidas por los teléfonos móviles dentro del grupo *2B* por parte de la Agencia Internacional de la Investigación del Cáncer (*IACR*).

Los autores concluyeron que los aumentos del riesgo asociado al uso de los teléfonos móviles observados por el grupo de Hardell no son consistentes con las tasas de incidencia de glioma en la población de *EEUU*. Sin embargo, las tasas observadas podrían ser consistentes con el modesto incremento detectado en el estudio *Interphone*.

Un estudio descriptivo realizado en 19 estados de los *EEUU* investigó la asociación entre el número de contratos de teléfonos móviles y la incidencia de tumores cerebrales [Lehrer-2011]. Los autores observaron una relación lineal entre el número de suscripciones a líneas de teléfonos móviles y tumores cerebrales, aunque esta relación necesita una evaluación epidemiológica más profunda. Según otro autor [Boniol-2011], lo que muestra este estudio es, esencialmente, que tanto el número suscriptores de teléfonos móviles como el número de tumores cerebrales están correlacionados con el tipo de población.

Dos estudios realizados por el grupo de Hardell en Suecia han reanalizado los datos de varios estudios previamente publicados, [Hardell-2011], [Carlberg-2012]. Estos autores concluyen, como en los estudios anteriores, que el riesgo de *glioma* aumenta con el periodo de latencia y el número de horas acumuladas de uso del teléfono móvil y fue mayor en sujetos que empezaron a usar el teléfono móvil antes de los 20 años. Estos resultados no son muy plausibles. Todos los estudios críticos de Hardell, especialmente de M. Fletchying del Instituto Karolinska de Suecia coinciden en la escasa validez de estos estudios de Hardell debido a que el

aumento del riesgo no se corresponde con los datos objetivos de incidencia de tumores en los propios registros de cáncer de Suecia y otros países nórdicos.

Otro estudio publicado en 2011 investigó la asociación entre tumores cerebrales con los campos electromagnéticos de las RF emitidas por los teléfonos móviles [Cardis-2011]. El análisis de la información se basó en datos de 5 países que participaron en el estudio *Interphone* y adicionalmente un análisis caso por caso de 44 *gliomas* y 135 *meningiomas* en las áreas más expuestas del cerebro comparadas con los *gliomas* y *meningiomas* localizados en otras partes del cerebro. La exposición fue estimada como la *energía específica total acumulada (TCSE, total cumulative specific energy)*, y que se mide en  $J/kg$  absorbida en el centro del tumor. Globalmente, se observó un riesgo reducido de padecer *glioma* o *meningioma* por haber sido usuario habitual de teléfono móvil. En el grupo con mayor exposición se observó un mayor riesgo para *glioma*. El riesgo aumentó en relación con la TCSE y el tiempo antes de diagnóstico (7 años y más) en el grupo más expuesto. El análisis caso por caso mostró un aumento del riesgo de tumores (*glioma*) en la parte más expuesta del cerebro en usuarios con más de 10 años de historia de uso del móvil. Al mismo tiempo se observó un riesgo reducido en usuarios de 5 a 9 años desde el primer año de uso. En el caso de *meningioma* el riesgo fue más bajo. Los autores sugieren que hay indicios de un aumento del riesgo de *glioma* en los usuarios con más de 10 años de uso del teléfono móvil con la más alta exposición de RF, mientras que para el *meningioma* la relación fue más pequeña. La incertidumbre de estos resultados requiere que sean replicados antes de intentar hacer una interpretación causal.

Un estudio caso por caso investigó, usando imágenes radiológicas, si los *gliomas*, entre usuarios de teléfonos móviles están localizados más cerca de la posición habitual que suele utilizarse el móvil que los *gliomas* entre no usuarios del teléfono móvil [Larjavaara-2011]. El estudio utilizó datos de 7 países que participaron en el estudio *Interphone*. Los autores concluyeron que sus resultados no sugieren que los *gliomas* en usuarios de teléfonos móviles se localicen preferentemente en las partes del cerebro más expuesta a las RF emitidas por los teléfonos móviles.

### 3.3.2 Tumores del acústico

Tres estudios han investigado la relación entre el *neurinoma* del acústico y el uso del teléfono móvil [Interphone Study Group-2011], [Sato-2011], [Schüz-2011]. Los estudios observaron un incremento estadísticamente no significativo de *neurinoma* en usuarios regulares comparado con los no usuarios. El riesgo fue significativo en usuarios con una media de tiempo de uso superior a 20 minutos/día aunque los mismos autores señalan que este hallazgo debe interpretarse con cautela debido a los posibles sesgos especialmente el de recuerdo.

El estudio de cohortes llevado a cabo por Schüz y cols. investigó la relación entre este tipo de tumores y el uso del teléfono móvil [Schüz-2011]. En total se estudiaron 404 casos en hombres y 402 casos en mujeres. Los autores concluyeron que no se observó evidencia de que el uso del teléfono móvil esté relacionado con el riesgo de padecer *neurinoma del acústico*. Sin embargo, debido a que el crecimiento de este tipo de tumores es muy lento se aconseja su vigilancia epidemiológica.

El *neurinoma del acústico* es un tumor de crecimiento muy lento, por eso sorprende que algunos de los estudios se haya observado un

aumento del riesgo que no es compatible con los periodos tan cortos de observación (cinco años) desde el primer uso del teléfono móvil [Hardell-2005]. Lo más probable es que el tumor ya estuviera presente cuando la persona comenzó a usar el móvil.

Por último, otro *estudio de cohortes* investigó el riesgo de tumores cerebrales y uso de teléfonos móviles en una *cohorte* danesa de suscriptores de líneas de teléfono móvil durante el periodo comprendido entre 1990 y 2007 [Frei-2011]. Este estudio es el que ha estudiado el periodo de latencia más amplio hasta el momento, 13 años, desde la primera suscripción a una línea de telefonía móvil. No se observó un incremento del riesgo de tumores cerebrales con el uso del teléfono móvil. Tampoco se detectó una relación dosis-respuesta respecto a los años de suscripción o la ubicación anatómica del glioma. Se concluyó que estos resultados aportan poca evidencia de que exista una relación causal.

### 3.3.3 Otros tumores

En relación con otros tipos de tumores (glándulas parótidas, melanoma ocular, leucemia, linfoma y cáncer testicular) la información disponible es muy escasa. La evidencia actual no respalda que exista una asociación entre uso del teléfono móvil y este tipo de tumores [HPA-2012].

Un estudio de cohortes realizado en nuestro país investigó los efectos *genotóxicos* de los teléfonos móviles sobre la mucosa oral de 50 personas sanas [Ros-Llor-2012]. No se observaron cambios estadísticamente significativos en las muestras de mucosa bucal en personas expuestas comparadas con las no expuestas. Los autores concluyen que no se observaron efecto *genotóxicos* derivados de la exposición a teléfonos móviles.

Duan y cols. han llevado a cabo un *estudio caso-control* con datos hospitalarios sobre tumores de glándula parótida y uso de teléfono móvil en Pekín, China [Duan-2011]. No se observó una asociación entre ser usuario habitual de teléfono móvil (al menos una vez por semana durante al menos 6 meses) y tumor epitelial de *glándula parótida* o *carcinoma mucoepidermoide*. No se hizo ajuste por año de diagnóstico, si bien se ajustó por otros factores de confusión como edad, sexo, residencia, estado marital, ingresos o tabaco. Sin embargo, se observó una asociación estadística significativa en subgrupos clasificados por la cantidad de uso en todas las categorías de exposición. Estos incrementos del riesgo parecen incompatibles con la observación general de ausencia de riesgo global.

Los autores concluyen que los resultados sugieren una posible relación dosis respuesta aunque esta afirmación requiere una investigación prospectiva más amplia que reduzca el *sesgo* (de selección y recuerdo) y que confirme los resultados. Conviene destacar que el usuario regular fue definido como el que hacía una llamada a la semana durante 6 meses o más antes del diagnóstico, cuando estos tumores no es probable que sean inducidos en tan corto espacio de tiempo. Esta suposición puede haber generado un *sesgo* de selección por mala clasificación.

## 3.4 Análisis crítico de la evidencia

En el contexto de la clasificación de las *RF* emitidas por los teléfonos móviles por parte de la *Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC)* como categoría *2B* (el grupo *2B* incluye los agentes de los que se tiene una "evidencia limitada de carcinogénesis en humanos") se ha publicado un estudio de revisión de las evidencias para valorar si



el uso del *TM* aumenta el riesgo de los principales tumores cerebrales (*glioma* y *meningioma*) [Swerdlow-2011].

Algunos de los resultados del estudio *Interphone* han sido utilizados para respaldar la nueva clasificación *2B* por parte de la *IARC*. Sin embargo, sus resultados han sido criticados por los mismos autores de los múltiples estudios nacionales de los 13 países que integraron el estudio y la propia *OMS* que han señalado los *sesgos*, errores y factores de confusión que limitan la validez de sus conclusiones.

La revisión llevada a cabo Swerdlow y cols. de las evidencias sobre tumores cerebrales y uso del *TM* aunque no es una revisión sistemática, está realizada por autores de reconocido prestigio y experiencia. Además los estudios seleccionados en la revisión son los más relevantes y los que se citan como justificación para la clasificación *2B*. Por lo tanto, el *CCARS* considera que la revisión es fiable y exhaustiva.

Los autores de este trabajo han realizado una revisión crítica de la metodología y los sesgos del estudio *Interphone* y han analizado la evolución de las tendencias de los tumores cerebrales a lo largo del tiempo.

Es evidente que si hubiera alguna relación causal entre exposición a *TM* y tumores las tasas de incidencia deberían aumentar. Sin embargo, estos cambios no se observan a luz de los análisis de las tendencias realizados en varios países que cuentan con datos fiables de registros de cáncer.

### 3.4.1 Argumentos

El análisis crítico de la metodología del estudio *Interphone* permite identificar sus debilidades y fortalezas y comparar sus resultados con otros

estudios sobre el uso del *TM* y los tumores cerebrales.

El estudio *Interphone* (diseño *caso-control*) comparó 2708 casos de *glioma* diagnosticados en personas de 30-59 años de edad, con 2972 controles y 2409 casos de *meningiomas* con 2662 controles en el período 2000-2004. Se utilizó un cuestionario, común para los 13 países participantes, para estimar el tipo y patrón de uso del *TM*, la exposición a otras fuentes de *CEM* de *RF* y otros factores de riesgo relacionados con los tumores cerebrales.

Los resultados de *Interphone* mostraron que los usuarios regulares del *TM* tenían un menor riesgo significativo de tumores cerebrales comparado con las personas que no usaban el *TM* o lo hacían de forma ocasional. Para la mayoría de los usuarios no se observó una tendencia positiva entre riesgo de tumores y uso de *TM*.

Sin embargo, se observó un mayor riesgo de *glioma* (o de *meningioma* en menor medida) en un pequeño grupo de usuarios que acumulaba el mayor número de horas de uso. No hubo asociación entre el tipo de tumor y el número acumulado de llamadas, años de uso o años transcurridos desde el primer uso.

Los autores de esta revisión señalan las limitaciones del estudio *Interphone*. En este sentido, el menor riesgo observado de padecer tumor cerebral en usuarios de *TM* se debería, en parte, a las tasas de no respuesta (sesgos de participación). Por ejemplo, sólo el 64% de los casos de *glioma* participaron el estudio, un 78% de los casos de *meningiomas* y un 53% de los controles con importantes variaciones entre los 13 países implicados en el estudio. Si estas personas hubieran participado en el estudio los estimadores de riesgo podrían verse modificados.

Otro factor que podría explicar el riesgo reducido de padecer tumor cerebral en usuarios regulares de *TM*

son los *síntomas prodrómicos* (dolor de cabeza, problemas cognitivos, entre otros) que pueden haber influido en la decisión de empezar a usar el *TM* en los casos con tumor cerebral no diagnosticado (aunque no está claro el impacto real de este factor). En la revisión se analiza el riesgo después de un uso prologado e intenso. Se destaca que los estudios de validación sobre el uso del *TM* detectan un sesgo de recuerdo. En término medios los sujetos subestiman el número de llamadas por mes pero sobrestiman la duración de las llamadas. Las personas con tumor tienden a sobrestimar el tiempo que emplean en las llamadas.

Los autores de esta revisión estudiaron la distribución anatómica de los tumores con la distribución anatómica de la exposición, y observaron que aunque hubo un ligero aumento de riesgo de tumor en el mismo lado de la cabeza donde se utiliza el *TM* se concluye que el sesgo de recuerdo es la posible explicación de esta asociación.

Los autores de esta revisión han analizado también otras evidencias relevantes relacionadas con los mecanismos biológicos, exposición ocupacional y evolución de las tendencias de incidencia de tumores cerebrales.

A pesar de la amplia y numerosa investigación realizada hasta el momento no se ha encontrado ningún mecanismo biológico [SCENIHR-2009] que explique cómo los *CEM* de *RF* podrían causar cáncer, ya que las *RF* son *radiaciones no ionizantes*.

Los estudios publicados sobre exposición ocupacional y residencial a *RF* no han observado un aumento del riesgo de cáncer.

### 3.4.2 Conclusiones

El estudio *Interphone* tiene limitaciones metodológicas, como todos los estudios con un diseño basado en el recuerdo de la exposición, que limitan sus hallazgos y su interpretación. El análisis combinado de sus resultados, de las evidencias de otros estudios epidemiológicos, los estudios biológicos y en animales, junto a las tendencias de las tasas de incidencia de los tumores cerebrales sugieren que después de los primeros 10-15 años de uso del *TM*, es improbable que exista un aumento del riesgo de estos tumores en adulto. No hay datos suficientes en niños.

Las limitaciones de los estudios (como deficiencias en la medida de la exposición, sesgos de recuerdo, entre otros) y el poco tiempo transcurrido desde la introducción del *TM* con respecto al período de latencia de los tumores mantendrán una cierta incertidumbre durante los próximos años sobre los efectos a largo plazo, especialmente en los *meningiomas* que tienen un crecimiento más lento que los *gliomas*. La posibilidad de un pequeño efecto no puede ser descartada pero este trabajo revela que si hubiera algún riesgo este sería tan pequeño que será difícil de detectar incluso a pesar del uso generalizado del *TM*. Los autores sostienen que, aunque persiste cierta incertidumbre, la tendencia de la evidencia acumulada es cada vez más clara en contra de que el uso de los *TM* pueda causar tumores en adultos.

Estas conclusiones ponen en tela de juicio la reciente clasificación de *IARC* que ha provocado una preocupación y un cierto alarmismo en la población, alimentado además por la forma de comunicar la citada clasificación. Parece evidente que este trabajo de revisión deberá ser considerado por la *OMS* cuando haga su evaluación de riesgos, prevista para



el año 2012, a la luz de la nueva clasificación de las radiofrecuencias de los móviles por parte de la IARC.

Por último señalar que la red Europea EHFRAN ha publicado el informe titulado “*Report on priorities of health risk management and communication on EMF exposure*” (“Informe sobre las prioridades en la comunicación y la gestión de los riesgos para la salud sobre la exposición a los CEM”) que es el resumen de un taller de trabajo celebrado en Bruselas en julio de 2012 [EHFRAN-2012].

Las principales conclusiones de este informe son, de forma resumida, las siguientes:

Se considera prioritario invertir recursos para investigar en las áreas siguientes:

- *Recogida de datos sobre los niveles de exposición de la población europea con una metodología armonizada, con los mismo protocolos, que permita maximizar la fiabilidad de los datos.*
- *Estudiar los mecanismos biofísicos y biológicos usando métodos y técnicas más innovativos (simulaciones moleculares, proteómica, etc).*
- *Estudiar los nuevos usos de dispositivos que emiten CEM, en particular las frecuencias intermedias tales como los sistemas de identificación (RFID), sistemas antirrobo, y en especial en grupos de población específicos como los niños.*
- *Aprovechar los estudios en marcha (Mobi-kids, [Mobi-Kids]), (estudios de Cohortes, INTEROCC (Occupational Exposure and Brain Cancer [InterOCC]) para elaborar evaluaciones validadas de la exposición que permitan dar respuestas a los efectos de los*

*CEM en vez de proponer nuevos y costosos estudios.*

- *Evaluar, donde sea posible, los efectos combinados de la exposición CEM y otros agentes ambientales.*
- *Invertir en métodos técnicos y no técnicos para reducir la exposición de la población y mejorar y facilitar la comunicación del riesgo a la población para reducir las diferencias entre la percepción del riesgo de la población sobre los efectos de los CEM y las evidencias científicas.*

### 3.5 Antenas de Telefonía Móvil y efectos sobre la salud

El estudio realizado por Dodel y cols, de diseño ecológico y realizado en Belo Horizonte (Brasil), observó una correlación espacial entre el emplazamiento de las antenas de telefonía móvil y la mortalidad general por todo tipo de neoplasias, durante el período comprendido entre 1996-2006 [Dode-2011].

Los autores señalan las limitaciones de este tipo de estudios, que no tienen en cuenta otros factores tan determinantes como los hábitos de vida, actividad física, tabaco, automedicación, patología individual y genética.

El estudio realizado por Atzmon y cols. investigó la asociación entre la exposición de una población (Isifya, Israel) a una estación emisora de radio instalada desde los años 70, y varias antenas de telefonía móvil instaladas a mediados de los años 90 [Atzmon-2012]. En el año 2000 los residentes destruyeron todas las antenas de TM (antes que se realizara el estudio) porque pensaron que los CEM que emitían eran los responsables de diferentes

síntomas entre los habitantes de esta población. La exposición se estudió mediante cuestionario sobre uso de teléfono móvil, *DECT* (teléfono inalámbrico de uso doméstico), distancia del domicilio a la antena de *TM* y a la antena emisora de radio. Según los autores no se observó asociación entre exposición a las antenas de telefonía móvil y de radio y el riesgo global de padecer cáncer. Por lo tanto, el estudio no confirmó las sospechas de la población sobre la relación entre cáncer y antenas de radio y *TM*.

En otro estudio, publicado en 2012, y sobre un supuesto conglomerado (*cluster*) de casos de cáncer y exposición a una antena de *TM* (*GSM*) fue realizado en Sandwell (Reino Unido) [Stewart-2012]. Se analizaron las tasas de incidencia y de mortalidad de esta ciudad en tres períodos comprendidos entre 1993 y 2004. El grupo de estudio estaba integrado por 19 hombres y mujeres de 20 a 80 años de edad que vivían cerca de la antena de *TM* y que padecían algún tipo de cáncer, aunque finalmente participaron 18 personas. Los autores señalan que la información analizada no cumple con los criterios necesarios para calificar como conglomerado o *cluster* los casos observados.

Aunque las tasas de mortalidad estandarizada de todo tipo de tumores fueron significativas más altas que la población de referencia (West Midlands) en uno de los tres períodos (2001-2003), las tasas de tumor colorrectal, mama y próstata permanecieron invariables y las tasas de cáncer de piel (no melanoma) fueron significativamente más bajas que las esperadas. Los autores concluyen que no puede excluirse que la antena de *TM* sea responsable de los tumores y que la información obtenida alrededor de una única antena pueda demostrar o excluir la causalidad.

Valorando globalmente estos estudios y otros previos de mayor calidad metodológica, tanto por el diseño

del estudio como por la amplia muestra de mujeres y niños estudiados, como el de Elliot y cols. [Elliot-2010] (véase también el informe del CCARS correspondiente al periodo 2009-2010, [CCARS-2011]), la evidencia respalda la hipótesis de que las *RF* emitidas por las antenas de *TM* no aumentan el riesgo de cáncer

## 3.6 Sistemas Wi-Fi y efectos sobre la salud.

### 3.6.1 Características generales de una red Wi-Fi

El término *Wi-Fi* se emplea generalmente para referirse a una red (inalámbrica) en la que una serie de dispositivos (ordenadores, impresoras, servidores, entre otros) se comunican entre sí, en zonas geográficas limitadas, en las bandas de frecuencias de uso común de 2,4GHz y 5GHz, permitiendo la transmisión de datos a grandes velocidades sin necesidad de tendido de cable entre ellos. La ventaja de esta tecnología es que ofrece movilidad al usuario por medio de una instalación barata y sencilla. En muchos casos se utilizan como complemento inalámbrico de redes cableadas.

Según el Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre de 2001, se considera estación radioeléctrica a uno o más transmisores o receptores, o una combinación de ambos, incluyendo las instalaciones accesorias o necesarias para asegurar un servicio de radiocomunicación o el servicio de radioastronomía [RD1066-2001]. Por tanto, las redes de telecomunicaciones bajo el estándar *Wi-Fi* hacen uso de puntos de acceso radio que son claramente estaciones radioeléctricas.

El citado Real Decreto establece unas *restricciones básicas* a la exposición de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el

tiempo. Para asegurar que no se sobrepasan estas *restricciones básicas* se establecen los denominados *niveles de referencia* que se comparan con los valores de las magnitudes medidas. Además, en la orden CTE/23/2992 se definen los “niveles de decisión” que son inferiores en 6 dB (dB es decibelio) a los *niveles de referencia*.

La tabla 1 muestra los niveles de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre, para los diferentes servicios, en función de la frecuencia que utiliza.

Tabla 1. Niveles de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre

SERVICIO	SISTEMA	f(MHz)	NIVEL DE REFERENCIA	
			(V/m)	(W/m <sup>2</sup> )
Radiodifusión	AM	0.5	87	—
		1.5	71.03	—
Radiodifusión	FM	100	28	2
TV terrenal	UHF	470	29.8	2.35
		830	39.6	4.15
Telefonía móvil	TACS	450	29.2	2.25
Telefonía móvil	GSM	900	41.2	4.5
Telefonía móvil	DCS	1800	58.3	9
Telefonía móvil	UMTS	2000	61	10
Red local inalámbrica	Wi-Fi	2400	61	10
Telefonía fija inalámbrica	LMDS/WiMAX	3500	61	10
Red local inalámbrica	Wi-Fi /WiMAX	5800	61	10

Fuente: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT) [COIT-WLAN-2004]

### 3.6.2 Riesgos para la salud las emisiones de las tecnologías inalámbricas

Todos estos sistemas o equipos de transmisión inalámbricos, conocidos como *Wi-Fi*, *WLAN* o *WiMAX*, emiten a potencias muy bajas que oscilan entre los 100 y 200 mW (0,1-0,2 W) (1 W es un vatio,  $1\text{mW} = 1\text{ miliW} = 10^{-3}\text{ W} = 0,001\text{ W}$ ).

Conviene recordar que una simple bombilla de uso doméstico suele emitir a una potencia de 100 W aunque lo hace en otro rango de frecuencias.

Las potencias de emisión de los sistemas *Wi-Fi* medidas en la proximidad de los equipos informáticos que utilizan este tipo de redes, ordenador y del router, suelen ser de 0,1 W. Por esta razón, los posibles niveles de exposición son inferiores a los establecidos como seguros por las organizaciones científicas competentes internacionales como el *ICNIRP* ([*ICNIRP-1998*] y [*ICNIRP-2009*]), y que se encuentran recogidos en la Recomendación del Consejo de la Unión Europea sobre campos electromagnéticos (véase [*UE-1999*], [*UE-2004*], [*UE-2004b*], [*UE-2004c*]) y en el Real Decreto 1066/2001 [*RD1066-2001*].

### 3.6.3 Wi-Fi y la Agencia de Protección contra la Radiación (HPA)

La *HPA* mantiene un programa de investigación y control de este tipo de tecnología [*HPA-Wi-Fi research project*]. La *HPA* considera que las redes *WLAN* no suponen un problema para la salud. Las emisiones de los equipos *WiMAX* son demasiado débiles como para producir efectos adversos sobre la salud.

Esta misma agencia ha señalado que, basándose en la evidencia científica disponible, no hay razones que aconsejen no usar los equipos inalámbricos en el ámbito escolar, doméstico o laboral.

En la web de la *HPA* del Reino Unido se puede consultar información específica sobre redes inalámbricas de área local (*WLAN*) y *Wi-Fi*. En esta dirección se puede consultar el documento *Wi-Fi in Schools* (*Wi-Fi en las escuelas*) que detalla la metodología utilizada para medir la exposición y algunos de los resultados [*HPA-Wi-Fi in schools*].

Los puntos principales de sus recomendaciones son:

- *No hay evidencia consistente hasta la fecha de que la exposición a señales de Radiofrecuencia procedentes de Wi-Fi tengan efectos adversos para la salud de la población general.*
- *Las frecuencias utilizadas son las mismas que las que se utilizan en otros dispositivos ampliamente utilizados (se refiere a que las frecuencias utilizadas son las que corresponden a la banda de radiofrecuencias (RF). Las frecuencias utilizadas en TV o radio FM también pertenecen también a la banda de RF).*
- *En base al conocimiento actual la exposición a RF de Wi-Fi es más baja que la exposición a las RF de los teléfonos móviles.*
- *En base a la información científica actual la exposición a los equipos Wi-Fi cumple los criterios internacionales.*
- *No hay evidencia consistente de efectos sobre la salud por debajo de los niveles*

internacionales y no hay razones que justifiquen que estos sistemas *Wi-Fi* no deban ser usados por los escolares y otros grupos de la población.

- Esta agencia desarrolla un programa de investigación (desde el año 2007) sobre las redes *WLAN* y su uso que incluye medidas de exposición infantil a los sistemas *Wi-Fi* en las escuelas.

Además, la reciente publicación del informe de la *HPA* [HPA-2012] ha actualizado la información científica sobre los sistemas *Wi-Fi* y sus efectos sobre la salud

### 3.6.4 Otros estudios sobre *Wi-Fi*

El estudio realizado por Peyman y cols. en 2011 evaluó el campo eléctrico y la densidad de potencia emitida por ordenadores y puntos de acceso *Wi-Fi* en escuelas del Reino Unido [Peyman-2011]. En el peor escenario posible, en una clase con 30 ordenadores portátiles conectados a Internet a máxima potencia y a una distancia de 0,5m, la exposición personal en la clase sería de  $16.6 \text{ mW}/\text{m}^2$ , muy inferior al nivel de referencia establecido por el *ICNIRP* y recogido en el Real Decreto 1066/2001, que es de  $10 \text{ W}/\text{m}^2$ .

El Departamento de Salud de Canadá (*HC*) ha confirmado que la energía de las radiofrecuencias emitidas por los sistemas *Wi-Fi* es extremadamente baja, no está asociada con ningún problema para la salud y por lo tanto no es peligrosa para la población [HC-2012].

Para valorar la exposición a estos equipos se utiliza la Tasa de Absorción Específica (*SAR*, *Specific Absorption Rate*) expresada en  $\text{W}/\text{kg}$ . Esta magnitud

permite describir la cantidad de energía que el cuerpo humano absorbe cuando se expone a emisiones de *CEM*.

Estudios realizados en Suiza han evaluado la *SAR* de los dispositivos *WLAN* (punto de acceso, tarjeta de PC y *PDA*) de varios estándares (802.11a, 802.11b y 802.11g). Los resultados de estos estudios se recogen en la página web de la Oficina Federal de Salud Pública de la Confederación Suiza (*FOPH*) [FOPH-WLAN]. Las *SAR* observadas han variado entre  $0,067 \text{ W}/\text{kg}$  y  $0,73 \text{ W}/\text{kg}$ . El máximo nivel de *SAR* establecido por el *ICNIRP* y el Real Decreto 1066/2001 es, a nivel local, de  $2 \text{ W}/\text{kg}$ , luego el margen de seguridad es amplio ([*ICNIRP*-1998], [RD 1066-2001]).

En relación con los campos eléctricos que generan estos dispositivos las mediciones realizadas en el estudio suizo demuestran que de los valores observados ninguno alcanzó el 10% de los niveles de referencia establecidos en las recomendaciones del *ICNIRP* a una distancia de 20cm y menos de 2,5% a 1m de distancia, cuando el valor máximo recomendado como seguro es de  $61 \text{ V}/\text{m}$  (para las frecuencias utilizadas en telefonía móvil y redes *Wi-Fi* y *WiMAX*). Estudios similares de medición de exposición se han realizado en Francia, véanse [Supelec-2006] y [ANFR-2008].

La Organización Mundial de la Salud en su nota descriptiva 304 de Mayo de 2006 [OMS-2006] estableció las siguientes conclusiones:

- “Teniendo en cuenta los muy bajos niveles de exposición y los resultados de investigaciones reunidos hasta el momento, no hay ninguna prueba científica convincente de que las débiles señales de *RF* procedentes de las estaciones de base y

*de las redes inalámbricas tengan efectos adversos en la salud”*

Actualmente, todos los organismos y agencias que evalúan los riesgos de los campos electromagnéticos coinciden en señalar que no hay evidencia científica de que los sistemas inalámbricos provoquen efectos sobre la salud. Entre estas entidades podemos citar a las siguientes: la Red Europea para la Evaluación de los Riesgos para la Salud por la Exposición a Campos Electromagnéticos (*EFHRAN*), la Comisión Internacional para la Protección frente a las Radiaciones no Ionizantes (*ICNIRP*), la Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido (*HPA*), la Agencia Nacional de la Seguridad Sanitaria de la Alimentación, del Medio Ambiente y del Trabajo (*ANSES*), el Consejo de Salud de Holanda (*HCN*), el *Comité Científico sobre los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados de la Comisión Europea (SCENIHR)* la Autoridad Sueca para la Seguridad frente a la Radiación (*SSM*) y las autoridades de Salud Pública de Noruega (*Instituto Noruego de Salud Pública, NIPH*)

***Por todas estas razones, podemos afirmar, al menos hasta la fecha actual, que no existe evidencia científica de que la exposición a estos bajos niveles de emisiones produzca efectos sobre la salud de la población escolar.***

Frente a esta opinión mayoritaria algunas entidades consideran que los *CEM* son peligrosos para la salud aunque no existan evidencias rigurosas y por tanto exigen medidas drásticas de reducción de la exposición.

Por último, señalar que la *IARC* en su reciente revisión sobre la carcinogenicidad de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias [*IARC-2011*], estableció que el análisis de la literatura científica actual no permite clasificar como posible o probable

carcinotóxica la exposición ocupacional y la exposición medioambiental asociada con la transmisión de señales de radio, televisión y telecomunicaciones inalámbricas (antenas y sistema *Wi-Fi*).

### 3.7 Observaciones finales

- Los resultados de los estudios revisados no aportan nuevas evidencias que modifiquen las recomendaciones sanitarias sobre los efectos del uso y exposición a los teléfonos móviles establecidas en anteriores informes del *CCARS*.
- El análisis global de las evidencias publicadas hasta el momento permite afirmar que no hay efectos entre exposición a tumores cerebrales y exposición a *RF* emitidas por la telefonía móvil. Esta conclusión es más consistente cuando se tiene en cuenta la evolución de las tendencias de las tasas de incidencia de estos tumores en los diferentes países en los que se ha estudiado.
- Los resultados de las investigaciones en los últimos años no han detectado ningún mecanismo fisiopatológico que pueda explicar los efectos de los *CEM* sobre la célula y el cuerpo humano.
- No se han demostrado efectos sobre la salud en exposiciones inferiores a los límites establecidos por el *ICNIRP* y recogidos en el Real Decreto RD1066/2001 [*NIPH-2012*].
- En relación con los sistemas *Wi-Fi* no existe evidencia científica de que la exposición a estos bajos niveles de emisiones produzca efectos sobre la salud de la población escolar. No hay motivos que justifiquen las campañas alarmistas que exigen la retirada de estos sistemas de las escuelas [*HPA-2012*].



## 4. Fuentes de emisión de radiofrecuencias y exposición

Las ondas electromagnéticas de radiofrecuencias son *radiaciones no ionizantes* (con energía insuficiente para ionizar los átomos), cuyas frecuencias están comprendidas entre 30 kHz y 300 GHz

Los valores de las magnitudes físicas que sirven para caracterizar la exposición a este tipo de ondas, tales como *frecuencia* ( $f$ ), *campo eléctrico* ( $E$ ), *campo magnético* ( $H$ ), *densidad de potencia* ( $S$ ) y *tasa de absorción específica* ( $SAR$ ), varían dependiendo del tipo de fuente de emisión y del medio material a través del que se propaga. Las fuentes de radiofrecuencias están originadas por las nuevas tecnologías de comunicaciones, tales como antenas de estaciones base de telefonía móvil ( $GSM$ ,  $UMTS$ ), antenas de radiodifusión ( $AM$  y  $FM$ ), radares civiles y militares, etc. que operan lejos del cuerpo humano. Además de las anteriores, existen fuentes de radiofrecuencia que operan cerca del cuerpo, tales como los teléfonos móviles, dispositivos *Wi-Fi*, *Bluetooth*, teléfonos inalámbricos *DECT*, etc.

### 4.1 Niveles de exposición a las radiofrecuencias

Para frecuencias comprendidas entre 100 kHz y 10 GHz, banda en las que están incluidas las antenas y terminales de comunicaciones móviles, es necesario limitar la  $SAR$  con el fin de prevenir la fatiga calorífica del cuerpo así como un calentamiento local excesivo de los tejidos. Cuando

se calcula a nivel local, esto significa que no se sobrepasen los  $2 \text{ W/kg}$ , promediados en 10 gramos de tejido de acuerdo a lo establecido en la Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 12 de julio de 1999 [UE-1999]. Este valor de  $SAR$ , o *restricción básica*, ha sido establecido considerando un factor de seguridad de 50 respecto de los efectos nocivos comprobados.

Sin embargo, aunque en exposiciones próximas al cuerpo, como la del teléfono móvil, la  $SAR$  es la magnitud que hay que evaluar, en exposiciones lejanas a las fuentes de emisión, como es el caso de las antenas de telefonía móvil, los valores que no se deben sobrepasar según la Recomendación anteriormente mencionada, son los denominados *niveles de referencia*. Los valores de los *niveles de referencia* limitan las magnitudes físicas de *campo eléctrico* ( $E$ ), *campo magnético* ( $H$ ) y *densidad de potencia* ( $S$ ). Los *niveles de referencia* para estas magnitudes dependen del rango de *frecuencia* ( $f$ ) considerado y se muestran en la Tabla 2.

Estos *niveles de referencia* tienen valores derivados de la  $SAR$  para un caso peor de exposición. Si se verifican los niveles de referencia, se cumplen las restricciones básicas de la  $SAR$ . En ciertos casos, es posible que no se cumplan los *niveles de referencia* y sí se verifique la  $SAR$ .

Tabla 2. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz-300GHz, valores RMS imperturbados en función de la frecuencia)

Gama de frecuencia (f)	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B ( $\mu$ T)	Densidad de potencia equivalente de onda plana, S ( $W/m^2$ )
0,1 Hz	-----	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-----
1 - 8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-----
8 - 25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-----
0,025 - 0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-----
0,8 - 3 kHz	$250/f$	5	6,25	-----
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-----
0,15 - 1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-----
1 - 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-----
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

## 4.2 Europa: Exposición a diferentes fuentes

Según informes como el de la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de Medioambiente y Trabajo (AFSSET)* de octubre de 2009 [AFSSET-2009], y el último informe del *Comité Científico Europeo de Riesgos para la Salud Emergentes y Nuevos, (SCENIHR)* de enero de 2009, [SCENIHR-2009], entre otros, las exposiciones a radiofrecuencias producidas por fuentes que operan lejos del cuerpo humano provienen fundamentalmente de antenas de

telefonía móvil (*GSM, UMTS*), que son las que más preocupan a la población.

En el caso del *GSM*, los niveles de exposición medidos en densidad de potencia equivalente de onda plana van desde cientos de  $nW/m^2$  a decenas de  $mW/m^2$  (\*), estando el límite normativo fijado en

---

(\*)  $1 nW$  es un nanovatio,  
 $1 nW = 10^{-9} W = 0,000000001 W$   
 $1 mW = 10^{-3} W = 0,001 W$



$4,5 \text{ W/m}^2$ , para la correspondiente frecuencia de 900 MHz (Tabla I). En el caso del *UMTS*, las medidas van de  $n \text{ W/m}^2$  a  $1 \text{ mW/m}^2$ , muy inferior al nivel de densidad de potencia de  $9,5 \text{ W/m}^2$  permitido para estas frecuencias.

Para fuentes que operan cerca del cuerpo humano, como los teléfonos móviles, *DECT*, dispositivos *Wi-Fi*, *Bluetooth*, entre otros, los estudios han mostrado que la mayor exposición proviene de los teléfonos móviles, cuya *SAR* va desde 0,2 a  $1,5 \text{ W/kg}$ , si bien este último valor sólo se daría en condiciones especiales y operando a máxima potencia.

En cualquier caso, los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite de  $2 \text{ W/kg}$ , promediado en 10 g. de tejido de cabeza, establecido por la normativa. Hay que señalar que el teléfono móvil, en condiciones de funcionamiento normal, reduce su potencia de funcionamiento, pudiendo llegar a ser de hasta 100.000 veces menor que la máxima. Esto es así cuando se consideran condiciones óptimas de recepción con un sistema de antenas de telefonía móvil optimizado.

Últimamente ha aumentado la preocupación por la exposición a dispositivos *Wi-Fi* pero la exposición a los mismos es inferior a la de los teléfonos móviles, y sólo sería similar a la de dichos teléfonos en el caso de proximidad a las antenas de punto de acceso de los sistemas *Wi-Fi*, situación poco probable. Tanto la exposición a estos dispositivos como a la de los teléfonos inalámbricos *DECT*, *Bluetooth*, etc., disminuye mucho con el aumento de la distancia a la fuente emisora, y la *SAR* promediada, en condiciones normales de utilización, está por debajo de los  $0,6 \text{ W/kg}$ . La Agencia de Protección de la Salud (*HPA*) del Reino Unido emitió en 2009 un comunicado donde se señala que las señales de los dispositivos

*Wi-Fi*, cuya potencia emitida es inferior a 100mW, no afectan a la salud, como tampoco lo hacen otras señales de radiofrecuencia de potencia de emisión algo superior, como las emitidas por los teléfonos móviles [*HPA-WIFI-2009*].

### 4.3 España: Niveles de exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de las estaciones base de Radiocomunicaciones

El artículo 9 del Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre [*RD1066-2001*], por el que se aprueba el Reglamento que establece medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas establece que los servicios técnicos del Ministerio de Ciencia y Tecnología, elaborarán planes de inspección para comprobar la adaptación de las instalaciones, como las estaciones base de telefonía móvil, a lo dispuesto en el Reglamento. En la actualidad estas competencias las desarrolla el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (*MIEyT*)

En el último informe, publicado en Junio de 2012 por el *MIEyT* [*MIEyT-2011*], correspondiente a las actuaciones llevadas a cabo en 2011, se exponen y analizan los resultados obtenidos en las inspecciones y actuaciones realizadas por los servicios de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, para la comprobación del estado de la planta radioeléctrica de los operadores de telecomunicaciones instalada en España y de las certificaciones realizadas por los técnicos competentes en el año 2011.

En el último informe se especifica que “se ha ido constatando de forma anual que los niveles de intensidad de campo eléctrico ( $\text{V/m}$ ) y niveles de

densidad de potencia ( $\mu W/cm^2$ ), medidos por los servicios de Inspección de Telecomunicaciones de la Administración, se encuentran muy por debajo de los niveles de referencia establecidos en el mencionado Real Decreto 1066/2001” y “que las certificaciones sobre el cumplimiento de los límites de los niveles de emisión fueron realizadas correctamente y permitieron comprobar que los niveles de exposición en el entorno de las estaciones, donde pueden permanecer habitualmente las personas, se encontraban por debajo de los límites establecidos.” Para el análisis y comparación, se ha tomado como referencia el valor de densidad de potencia más restrictivo para los servicios de radiocomunicación ( $207,96 \mu W/cm^2$ ).

Estas mediciones se realizan de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 1066/2001 y a lo fijado en la orden ministerial CTE/23/2002 de 11 de enero, por la que se disponen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones [ORDEN CTE/23/2002]. El 19 de Julio de 2012 el MIEyT actualizó su documento "Procedimiento de medidas de radiaciones no ionizantes (9 kHz–300 GHz)" [MIEyT-PROC-2012].

Toda la información sobre las emisiones de las distintas estaciones base de TM puede consultarse en la siguiente página web del MIEyT: <http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Paginas/niveles.aspx>. Esta información es pública y gratuita.

### 4.3.1 Medidas en lugares sensibles

Se definen como zonas, áreas o lugares sensibles aquellos en los que por su naturaleza se considera que existe una mayor percepción de riesgo en la exposición a CEM, en los que habría que minimizar

los niveles de exposición, de acuerdo con el artículo 8.7 del Reglamento establecido en el Real Decreto 1066/2001. Se consideran lugares sensibles los centros hospitalarios, centros de enseñanza y parques públicos.

Las primeras actuaciones realizadas durante el plan de Inspección de 2011, según se indica en el informe, se refieren a las realizadas en las áreas sensibles. La experiencia y los resultados obtenidos en las campañas de medida en los años anteriores sirven de base para la identificación de los lugares sensibles, que se corresponden con un total de 3.818 áreas consideradas como tal.

El informe de MIEyT del 2011 pone de manifiesto que el universo de espacios sensibles se mantiene en los 3.818 espacios ya reconocidos, ya que las nuevas instalaciones que han realizado los operadores, principalmente de estaciones base de telefonía móvil automática de la tercera generación UMTS, se han ubicado preferentemente junto a las ya existentes para las modalidades de GSM-900 y GSM-1800 o DCS 1800 [MIEyT-2011].

La distribución de medidas en los 149 espacios sensibles considerados (73 centros de enseñanza, 18 centros hospitalarios y 58 parques públicos), ubicados en un entorno aproximado de 100 metros de radio de alguna estación base de telefonía móvil, distribuida por provincias y Comunidades Autónomas, se recoge en la Sección 3 del informe Anual del MIEyT sobre la “Exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de estaciones de radiocomunicación Año 2011” [MIEyT-2011].

#### 4.3.1.1 Análisis de los niveles de exposición en lugares sensibles

Los Servicios de Inspección de la Dirección General de Telecomunicaciones de las distintas provincias

son los que se han encargado de realizar las medidas de intensidad de campo o de densidad de potencia, de acuerdo al protocolo establecido en la Orden Ministerial CTE/23/2002 [ORDEN CTE/23/2002].

Según el informe del *MIEyT*, correspondiente a las actuaciones llevadas a cabo en 2011 los niveles medios de exposición radioeléctrica, considerados a nivel autonómico, nos proporcionan unos resultados que oscilan entre el máximo de  $0,938 \mu W/cm^2$  en Madrid (lo que supone un considerable descenso respecto del nivel máximo de radiación alcanzado en Madrid en el año 2010), y el mínimo de  $0,007 \mu W/cm^2$  en Ceuta (lo que supone un descenso del 66,7 % del mínimo de radiación alcanzado en el año anterior en Navarra), estando la media nacional del nivel de radiación en 2011 en un valor de  $0,375 \mu W/cm^2$ , es decir, un 11,7 % inferior a la media nacional del nivel de radiación del año 2008.

Hay que recordar que el *nivel de referencia* es de  $450 \mu W/cm^2$  para la frecuencia de 900 MHz y que en las medidas presentadas en el informe se ha tomado como referencia el valor de densidad de potencia más restrictivo para los servicios de radiocomunicación ( $207,96 \mu W/cm^2$ ). Se puede apreciar que los resultados obtenidos están muy por debajo de los *niveles de referencia*, un dato, por lo tanto, positivo.

Por ello, la conclusión que se desprende de los datos analizados y expuesta en el informe del *MIEyT* es que en las zonas sensibles localizadas, los niveles de exposición de las radiaciones radioeléctricas siguen cumpliendo con amplísimos márgenes los niveles de referencia que han sido establecidos por la normativa vigente.

## 4.4 Auditorías de certificaciones anuales

En el marco de los planes de inspección se realizan auditorías de las certificaciones presentadas por las compañías operadoras de telefonía móvil, cuyo objetivo es examinar y verificar “in situ” la validez de la información aportada. En el informe del *MIEyT* correspondiente a las actuaciones realizadas en 2011, se han analizado 41.074 estaciones incluidas las certificaciones proporcionadas por los operadores. Este volumen tan elevado de instalaciones analizadas es probablemente uno de los más completos de Europa.

El valor máximo medido en comunidades autónomas comparados con el nivel de referencia para la frecuencia más restrictiva es de  $34,41 \mu W/cm^2$  en la Comunidad Autónoma de Canarias y el mínimo estaba por debajo del nivel umbral del equipo de medida utilizado, por lo que se concluye que los niveles de emisión medidos se mantienen por debajo de los valores de referencia.

En la totalidad de la muestra se realizaron mediciones de los niveles de exposición que se reflejan, para cada estación dentro de cada provincia, en la Sección 3.2 del Informe del *MIEyT* [MIEyT-2011].

## 4.5 Nuevas consideraciones en dosimetría

Si tenemos en cuenta las consideraciones del informe *SCENIHR* de enero de 2009, [SCENIHR-2009], y la opinión de *SCENIHR* adoptada posteriormente en julio de 2009, [SCENIHR-2009b], sigue presente la preocupación sobre la vulnerabilidad de los niños a la exposición de campos de *RF*, fundamentada principalmente en que su

sistema nervioso está en desarrollo y pueden ser potencialmente más susceptibles que el de los adultos, y en un mayor tiempo de exposición debido a su esperanza de vida. Respecto a la valoración de la **SAR**, existen controversias en cuanto a los modelos de *fantomas* utilizados en las simulaciones numéricas, que deben ser solucionadas. En los informes mencionados se apunta que es preciso valorar tanto las exposiciones en campo lejano a las fuentes, como en el caso de las antenas, como las exposiciones en campo cercano, como en el caso de los teléfonos móviles, considerando sus distintas formas de uso (*SMS*, modo de habla, juguetes que emiten *RF*, etc.), considerando las diversas edades. Algunos informes, como el de la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria del Medio Ambiente y del Trabajo (AFSSET)*, consideran que siendo los teléfonos móviles la fuente mayor de exposición a *RF*, habría que promover el uso de teléfonos móviles con la menor tasa de absorción específica (**SAR**), así como caracterizar mejor la exposición del público a todas las fuentes de *RF* [AFSSET-2009].

En lo referente a antenas de telefonía móvil, aunque algunas opiniones apuntan a la reducción de las emisiones de las mismas, hay que señalar que, según señala el Informe conjunto de las Academias Francesas sobre telefonía móvil de diciembre de 2009, una reducción irreflexiva de dichas emisiones podría producir una mayor exposición de los usuarios de los teléfonos móviles [AcadFranc-2009].

## 4.6 Reglamentación sobre la exposición: Directivas y Normas

En Europa, con el objetivo de garantizar la protección de personas en la exposición a los campos electromagnéticos procedentes de las emisiones radioeléctricas, de acuerdo con la Recomendación

Europea 1999/519/CE de 1999 [UE-1999], se ha continuado con las actividades de normalización siguiendo los mandatos de la Comisión Europea M/132 y M/351, siendo este último relativo a la exposición de los trabajadores. El grupo europeo de normalización integrado por *CENELEC*, *CEN* y *ETSI*, con la participación española del comité AEN/CTN215 de *AENOR* y en colaboración con la *IEC*, ha trabajado en la mejora de estándares ya existentes y en la elaboración de otros nuevos sobre la medida y cálculo de campos electromagnéticos (*CEM*) provenientes de distintos emisores y de la tasa de absorción específica en el cuerpo humano. En la elaboración de dichos estándares se están teniendo en cuenta la presencia de diversas fuentes de emisión en las condiciones reales de exposición de personal.

En España se van adoptando oportunamente las normas europeas aprobadas por *CENELEC*, con la participación del comité AEN/CTN215. A la norma española correspondiente a la norma europea *EN* se la denomina *UNE-EN*. Toda esta labor de estandarización está dirigida a mejorar los métodos de valoración del cumplimiento de los niveles de referencia y restricciones básicas establecidos en la Recomendación de 1999 [UE-1999], lo que redundará en la mejor protección de la salud de los ciudadanos.

En lo que respecta a la exposición laboral a los *CEM*, lo que se considera una exposición controlada, se aprobó la Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de abril de 2004, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativa a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (*CEM*) [UE-2004]. Esta directiva establece dos tipos de valores para la exposición de los trabajadores: “*valores límites de exposición*” (campos a frecuencias que se han reconocido como peligrosas para el sistema

cardiovascular o el sistema nervioso central) y los “valores de acción” o “valores que dan lugar a una acción”, valores por encima de los cuales los empleadores deben tomar las medidas especificadas en la directiva. Una vez que se han excedido los “valores de acción” los empleadores deben disponer e implementar un plan de acción para prevenir que la exposición a CEM exceda los límites de exposición.

En Junio de 2011, la Comisión Europea presentó una propuesta de Directiva del Consejo destinada a revisar la Directiva 2004/40CE, para proteger más a los trabajadores de la exposición a los CEM en su rutina diaria [UE-2011/348-(ES)], [UE-2011/348-Press Release(EN)]. La mejora afecta a médicos y enfermeras trabajando con imágenes obtenidas mediante resonancia magnética, especialistas en radar, soldadores y operarios de mantenimiento de líneas de distribución eléctrica. La propuesta clarifica las definiciones de “efectos adversos sobre la salud”, introduce un sistema actualizado de límites de exposición al igual que asegura medidas preventivas para reducir la exposición de los trabajadores. La nueva propuesta requerirá que los empleadores proporcionen a sus empleados la información y la formación necesaria relativa al riesgo por exposición, así como la implantación de prácticas de trabajo seguras, detección de efectos adversos y las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a chequeos médicos periódicos.

Los cambios más importantes introducidos en esta nueva propuesta son:

- *Introducir indicadores que faciliten medidas y cálculos y que tengan en cuenta la incertidumbre en las medidas.*
  - *Introducción de sistemas que aseguren y simplifiquen el cálculo de riesgos, facilitando su evaluación.*
  - *Introducción de medidas racionales de vigilancia médica.*
  - *Atención especial al caso específico de aplicaciones médicas que utilicen resonancia magnética*
- *Clarificar la definición de efectos adversos para la salud*
  - *Introducir un sistema revisado para los diferentes valores límites y de referencia (a partir de los actuales valores límites y de acción) en el intervalo 0 a 100 kHz*

La nueva directiva sólo cubre a los trabajadores durante sus actividades profesionales y debería ser traspasada dentro de cada legislación nacional no más tarde del 30 de Abril de 2012. El público en general, consumidores, usuarios de móviles, etc., seguirá estando cubierto por la actual Recomendación del Consejo 1999/519/EEC [UE-1999] y la legislación específica de cada Estado Miembro. Sin embargo, debido a las críticas formuladas a dicha Directiva por parte de distintos entes, fundamentalmente Academias de Medicina, en lo que se refiere sobre todo a su aplicación trabajadores de dispositivos médicos que utilizan campos electromagnéticos, su implantación todavía no se ha hecho efectiva.



## 5. Aspectos jurídicos y resoluciones judiciales sobre riesgos derivados de la exposición a campos electromagnéticos

El tratamiento jurídico de los campos electromagnéticos, tanto en el foro como en los estudios jurídicos desde las diversas disciplinas que pueden verse implicadas (los Derechos administrativo y civil principalmente, pero también, a cierta distancia, el Derecho penal) ha experimentado una importante evolución en nuestro país, afortunadamente. Decimos afortunadamente porque tanto las sentencias judiciales como las aportaciones doctrinales han ganado en solidez argumentativa, precisión y calidad, por lo que están contribuyendo a despejar el panorama jurídico frente a cierta incertidumbre e inseguridad anteriores.

Nos parece más clarificador ofrecer una breve presentación de ambas perspectivas por separado. Lo hacemos a continuación.

### 5.1 Perspectiva doctrinal

Desde hace años ha preocupado a los juristas la incardinación jurídica del concepto de riesgo y el tratamiento que correspondía darle consecuentemente. En este sentido, no es algo nuevo para el Derecho. No ha resultado tan fácil ubicar el riesgo en relación con las tecnologías en general (el llamado por algunos “riesgo tecnológico”) y su vinculación con la incertidumbre científica, habiéndose centrado algunos estudios en los

aspectos fundamentalmente técnicos y actuariales, sin demérito de su calidad, profundidad y utilidad.

Probablemente el principio de precaución, dentro de su persistente ambigüedad, facilitó la apertura del discurso jurídico y promovió inicialmente debates y construcciones jurídicas al amparo de los nuevos dilemas que planteaban las biotecnologías. Este es el caso pionero, por ejemplo, de la monografía colectiva “Principio de precaución, Biotecnología y Derecho” (C. M. Romeo Casabona, ED., Cátedra Interuniversitaria de Derecho y Genoma Humano y Ed. Comares, Bilbao-Granada, 2004, con sendas contribuciones de R. de Ángel Yagüez y C. M. Romeo Casabona, miembros de CCARS, sobre los aspectos civiles y penales de dicho principio, respectivamente), que recogía también aspectos jurídicos más generales sobre el riesgo y el mencionado principio.

En síntesis, como es sabido, el principio de precaución propone la adopción de medidas de protección de la salud humana y del medioambiente frente a ciertas actividades, relacionadas con las tecnologías en su mayor parte, sobre las que todavía no se dispone de una evidencia científica contrastada (existe tan sólo una “sospecha”, como expresión del principio de incertidumbre) sobre su capacidad para la producción de daños a aquellos, es decir, a la salud humana y al medioambiente. Indudablemente, comporta un cambio de paradigma, que viene impuesto por la propia normativa constitutiva de la Unión Europea. Faltaría, según el estado de la ciencia, el soporte científico para



establecer la relación de causalidad entre la acción – o actividad- y el resultado dañoso, lo que desde el punto de vista jurídico puede ser una pieza fundamental para determinar la responsabilidad (civil, penal) de las personas o entidades implicadas. De ahí el nuevo paradigma. Aunque bien es cierto que en el ámbito de la responsabilidad penal los llamados delitos de peligro abstracto o abstracto-concreto, al ser estos delitos de mera actividad, en los que no se sanciona por la producción de un resultado, se puede eludir sin problemas la cuestión de la relación de causalidad, pues, obviamente, no es exigida por el delito. Tal vez ello explique que algunas pocas sentencias penales del Tribunal Supremo de los inicios de la pasada década hayan aplicado el principio de precaución en relación con delitos contra la salud pública, bien que con dudoso acierto en su fundamentación concreta y siendo discutible necesidad.

El principio de precaución comporta una evaluación y gestión del riesgo, defendiéndose que debe hacerse desde parámetros de transparencia y participación ciudadana. Y a la vista de los derechos o bienes jurídicos ya mencionados que pueden verse afectados, por un lado, y de la relevancia social de las actividades bajo sospecha, por otro, es lógico que los poderes públicos y en particular las administraciones públicas se vean llamadas a intervenir activamente en esos procesos de evaluación y gestión del riesgo.

El abordaje del riesgo y de posibles resultados dañosos en otros ámbitos tecnológicos, como el que nos interesa aquí de los campos electromagnéticos, tardaría algo más, tal vez porque suscitara ciertas reservas para el profano entrar en la complejidad de sus aspectos más técnicos (v., sin embargo, ya a partir de 2001 R. de Ángel, de la mano de varias sentencias).

La llamada de atención sobre la importante tarea, esencialmente preventiva, que corresponde al Derecho Administrativo en relación con algunas actividades regladas, o que deberían estarlo, y del juego que podría darse al principio de precaución corresponde a juristas que provienen tanto de la magistratura como de la academia, habiendo entrado más en aspectos sustantivos y de principio que en los meramente competenciales, los cuales, sin embargo, como se verá más abajo, han sido objeto de debate relativamente frecuente en las sentencias judiciales (D. Berberoff Ayuda, Dir., “El principio de precaución y su proyección en el Derecho administrativo español”, Consejo General del Poder Judicial, Madrid, 2005; J. Esteve Pardo, “El desconcierto del Leviatán. Política y Derecho ante las incertidumbres de la ciencia”, Marcial Pons, Madrid, 2009, entre las muy excelentes publicaciones que tiene sobre la materia).

Afortunadamente, las generaciones más recientes de juristas continúan adentrándose en las peculiaridades que presentan los campos electromagnéticos y las infraestructuras en las que tienen su origen aquéllos. El estado de la cuestión actual, siempre desde el prisma del principio de precaución y en este caso en el marco jurídico del Derecho Administrativo, con aportaciones personales destacables, viene reflejado en una todavía reciente y excelente monografía (A. E. Embid Tello, “Precaución y Derecho. El caso de los campos magnéticos”, Iustel, Madrid, 2010), de cuyas conclusiones vamos a entresacar algunas reflexiones que nos parecen de sumo interés.

Como premisas de algunas propuestas que hace el autor mencionemos que los riesgos postindustriales, caracterizados fundamentalmente por la noción de incertidumbre, son riesgos globales; la sociedad ha tenido que aceptar la incertidumbre como parte de ella.

Respecto al principio de precaución, que considera un instrumento de trascendental importancia, recuerda que es un principio general del Derecho comunitario aplicable en las materias de medio ambiente y salud pública y, en consecuencia, debe informar toda acción pública que se lleve a cabo en dicho marco. En su opinión este principio continúa siendo un instrumento útil para la gestión de realidades inciertas, y es que permite a la autoridad pública fundamentar su decisión en hipótesis científicas, y además en hipótesis no necesariamente mayoritarias, lo que implica en cierto modo una desvinculación entre la ciencia y el Estado. La precaución no trata de desligar la acción pública de fundamentos científicos, sino de desligarla de fundamentos científicos “absolutos”.

Finalmente, subrayamos que critica la regulación comunitaria (la Recomendación del Consejo de 1999/519/CE [UE-1999]), por no ser vinculante y basarse en las opiniones de la Comisión Internacional para la Protección frente a la Radiación no Ionizante (*ICNIRP*) y de la *OMS* –de las que critica a su vez sus propuestas respectivas, coincidentes siempre con las pretensiones de los sectores industriales afectados-, por ser directrices que, por un lado, no protegen frente a los efectos no térmicos de la radiación no ionizante, y que, por otro lado, no limitan –en el terreno de lo efectivo- ninguna emisión, puesto que los valores límite fijados quedan usualmente muy por encima de las emisiones utilizadas por las compañías eléctricas y de telecomunicaciones. Por lo tanto –concluye el autor-, se trata de una regulación prácticamente inútil a los objetivos de protección de la salud que alegadamente la informan.

## 5.2 Jurisprudencia

### 5.2.1 Jurisprudencia del Tribunal Constitucional

Refiriéndonos en primer término a la jurisprudencia constitucional, procede la cita de la sentencia del Tribunal Constitucional (TC) de 18-1-2012, del Pleno. Se trataba del recurso de inconstitucionalidad interpuesto por el Presidente del Gobierno en relación con diversos preceptos de la Ley de las Cortes de Castilla-La Mancha de 28-6-2001, para la ordenación de las instalaciones de radiocomunicación en la mencionada Comunidad Autónoma.

El TC declaró inconstitucional y nulo el art. 7 en el inciso que obliga a los operadores a “incorporar las mejoras tecnológicas que vayan apareciendo y contribuyan a reducir los niveles de emisión de los sistemas radiantes”. La sentencia declaró: «Constatado el carácter básico de la regulación estatal de los niveles tolerables de emisión, es preciso concluir que las Comunidades Autónomas no pueden alterar esos estándares, ni imponer a los operadores una obligación de incorporar nuevas tecnologías para lograr una minimización de las emisiones, no sólo porque ello resulte contrario a las bases establecidas por el Estado en materia sanitaria, sino también porque de esa forma se vulnerarían, en último término, las competencias legítimas del Estado en materia de telecomunicaciones. Procede, pues, declarar la inconstitucionalidad del inciso del artículo 7 de la ley castellano-manchega en el que se obliga a los operadores a “incorporar las mejoras tecnológicas que vayan apareciendo y contribuyan a reducir los niveles de emisión de los sistemas radiantes”».

En cambio, la sentencia declaró conforme a la Constitución el inciso del art. 7 en el que se obliga a

los operadores a “incorporar las mejoras tecnológicas que vayan apareciendo y contribuyan... a minimizar el impacto ambiental y visual”.

De otro lado, la resolución declaró inconstitucional y nulo el apartado 2 del art. 19, en el que se tipificaban ciertas conductas como constitutivas de infracciones graves. El TC, en aplicación de lo antes dicho sobre el art. 7, consideró únicamente inconstitucional el apartado 2 del mentado art. 19, al carecer la Comunidad Autónoma de competencia para la regulación sustantiva en materia de telecomunicaciones y radiocomunicación.

### 5.2.2 Jurisprudencia del Tribunal Supremo

Ha sido muy nutrida la jurisprudencia de la Sala Tercera del Tribunal Supremo (TS) resolviendo controversias en las que se discutía la legalidad de algunos extremos de normativas autonómicas o municipales. Es decir, se trataba, sobre todo, de cuestiones “competenciales”.

La sentencia de 22-2-2011 vino a repetir un conocido pronunciamiento que luego había de reiterarse en otras resoluciones. Por ejemplo, en las de 15-3-2011 y 12-4-2011.

En síntesis: «Por el hecho de que este riesgo por los campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas no puede ser considerado cerrado desde una perspectiva estrictamente científica, es lógico que los Ayuntamientos en el ámbito de su propia competencia se sientan tentados a imponer medidas adicionales de protección en esta materia, bien exigiendo, como acontece en el caso que enjuiciamos, límites o condiciones complementarios a los establecidos en el citado Real Decreto 1066/2001, bien estableciendo distancias de protección frente a

determinadas zonas sensibles -colegios, hospitales, parques y jardines públicos- estableciendo unas áreas de seguridad alrededor de esas zonas sensibles en los que no se permita la instalación de estaciones emisoras de radiaciones electromagnéticas».

La de 14-2-2012 declaró: « Establecido esto, lo que suscita el recurso no es tanto la competencia del municipio para sujetar la instalación de los equipos y elementos de radiocomunicación a licencia, como específicamente la ilegalidad de la exigencia de la licencia de actividades clasificadas, cuestión que también ha tenido ocasión esta Sala de pronunciarse en diversas ocasiones, entre las que pueden citarse las sentencias de ..., en las que hemos manifestado la necesidad de distinguir, en lo que a la exigencia de licencia de actividad por las Ordenanzas Municipales de telecomunicaciones se refiere, entre actividades calificadas y aquellas otras de las que no pueda predicarse semejante condición. Con respecto a las primeras, hemos aludido al imperativo, en caso de que exista norma específica que las regule, de que las ordenanzas de telecomunicaciones respeten la regulación establecida en la normativa correspondiente, que, en su caso, sería la que establecería las condiciones relativas a su ejercicio. Lo que no equivale a que no pueda exigirse, conforme a dicha normativa y en su caso, su sujeción a licencia de “funcionamiento”».

No obstante, la misma Sala ha puntualizado (sentencia de 22-3-2011) que no cabe «invocar los títulos competenciales en materias como el urbanismo, el ambiente o la sanidad para defender una ordenación autonómica que desdibuje la unidad de la regulación técnica del mercado de las telecomunicaciones. Resulta innegable, y la propia parte recurrente no deja de reconocerlo, que el despliegue de las redes de telecomunicaciones debe ser abordado también desde el ordenamiento

urbanístico y ambiental, sobre el que las Comunidades Autónomas ostentan competencias indiscutibles, pero esas competencias no pueden desbordar su ámbito específico para diluir la operatividad de la competencia exclusiva estatal en esta materia».

En la misma línea, las sentencias de 15-11-2011, 28-2-2012, 6-3-2012 (tres de la misma fecha), 13-3-2012 (tres de la misma fecha), 24-4-2012 y 6-11-2012.

En la sentencia de 16-11-2011 se estimó el recurso contra una ordenanza municipal, por no haberse establecido que la revocación de licencia derivada de la implantación de una nueva ordenación por razones de “medio ambiental, visual o de salubridad”, implicaba la pertinencia de la oportuna indemnización en favor de los afectados.

En la sentencia de 2-6-2011, el Tribunal, en un procedimiento de expropiación forzosa, rechazó la alegación de la recurrente de que la proximidad de una línea de alta tensión pudiera suponer una pérdida del atractivo residencial del caserío al que el pleito se refería.

La sentencia de 17-1-2012 declaró la ilegalidad de una ordenanza municipal que exigía la presentación de un seguro de responsabilidad civil que cubra las posibles afecciones a los bienes o a las personas por el establecimiento de una antena de telefonía móvil.

### 5.2.3 Jurisprudencia Civil

En el plano “civil”, no se ha dictado en este bienio ninguna sentencia sobre reales o presuntos daños derivados de radiaciones electromagnéticas.

Una sentencia de la Sala Primera, de 18-7-2011, declaró la necesidad de consentimiento unánime (en el marco de una comunidad de propietarios) para adoptar el acuerdo de instalar una antena de telefonía móvil en la azotea de un edificio. La resolución fundó su decisión en que esa instalación constituye una alteración estructural del edificio.

### 5.2.4 Conclusiones

A la vista de lo aquí expuesto, parece clara y justificada la afirmación realizada en la introducción sobre la evolución de las sentencias judiciales así como de las aportaciones doctrinales, que están permitiendo dar una mayor claridad al panorama jurídico.



## 6. Percepción social: campos electromagnéticos, medio ambiente y salud. Comunicación y alarma

El análisis de la percepción del riesgo a partir de encuestas a la ciudadanía es uno de los elementos básicos para el diseño de estrategias socialmente responsables sobre la gestión de los riesgos y para su proyección en políticas que pueden gozar de mayor apoyo y reconocimiento del público.

El sociólogo alemán Ulrich Beck en 1999 definió la sociedad de finales del siglo pasado como “sociedad del riesgo“, y acuñó el término “modernización reflexiva” para dar cuenta de la posición de los ciudadanos de las llamadas sociedades avanzadas como un factor de exigencia para el rigor y el control en las aplicaciones de los avances y desarrollos tecnológicos [Beck-1999].

La confrontación entre defensa de las tecnologías y preocupación por el medio ambiente (entre “tecnologismo” y “ecologismo”) ha estado presente desde la segunda mitad siglo XX y ha mostrado focos y momentos de gran intensidad asociados a los usos de la energía nuclear, de los alimentos modificados por ingeniería genética (“transgénicos”) o, más recientemente, en el debate acerca de la realidad y las causas del cambio climático. La preocupación por las radiaciones electromagnéticas ha sido de menor extensión e intensidad, aunque importante en determinadas localizaciones y ámbitos tecnológicos, centrándose en principio en las antenas de telefonía móvil y en las líneas de alta tensión.

En la Europa comunitaria, el seguimiento de las actitudes ciudadanas ante las diversas políticas se

lleva a cabo por medio de los *Eurobarómetros*, mientras que, por otro lado, los Comités Científicos establecidos para la protección de la Salud Pública proporcionan a la Comisión el sólido asesoramiento que se necesita para preparar sus políticas y propuestas en relación con la seguridad de los consumidores, la salud pública y el medio ambiente. Asimismo, estos Comités emiten señales de alerta y llaman la atención sobre problemas nuevos o emergentes que pueden suponer una amenaza, ya sea real o potencial.

Existe una política de transparencia respecto a las actuaciones y dictámenes emitidos por los Comités como respuesta a una petición de la Comisión; por ello se dan a conocer con la mayor prontitud tanto los órdenes del día como las actas de las reuniones plenarias y las listas de los miembros.

Son tres Comités los que operan: el *Comité Científico para la Seguridad de los Consumidores (SCCS, Scientific Committee on Consumer Safety)*, el *Comité Científico de los Riesgos Sanitarios y Medioambientales (SCHER, Scientific Committee on Health and Environmental Risks)* y el *Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (SCENIHR, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks)*, a los que se une el Grupo de Coordinación intercomités.

Dos son los *Eurobarómetros* que han tratado de valorar las percepciones de los ciudadanos europeos

sobre los riesgos sobre la salud que presentan los campos electromagnéticos: *EB.66.2-2006* y *EB.73.3-2010*, consultas que se ubicaron en un contexto medioambiental y con preguntas que tienen que ver con las responsabilidades de los tres comités científicos y, de modo particular, con el Comité Científico de los riesgos sanitarios y medioambientales (*SCHER*) y el Comité Científico sobre riesgos sanitarios emergentes y recientemente identificados (*SCENIHR*). Es precisamente en este último donde se analizan los riesgos por agentes de naturaleza física (*physical hazards*) como por ejemplo el ruido y los campos electromagnéticos.

## 6.1 Los Eurobarómetros: una síntesis de resultados

Como se ha dicho, el cuestionario de los dos Eurobarómetros, con una diferencia temporal de cuatro años, se ha ubicado en un contexto medioambiental. Además, las preguntas se dirigen a recoger la opinión de los ciudadanos respecto a los potenciales riesgos para la salud de 15 factores que inciden sobre el medioambiente: calidad del aire exterior, calidad del aire interior, calidad del agua potable, calidad de las aguas continentales, ruido, vertederos de basura, calidad de los alimentos, agentes químicos, exposición solar, condiciones del hogar, teléfonos móviles, antenas de telefonía móvil, electrodomésticos, ordenadores y líneas y torres de alta tensión.

La Dra. Ana Muñoz van den Eynde, integrante de la Unidad de Investigación en Cultura Científica del *CIEMAT*, ha realizado un estudio comparativo de los datos de ambos *Eurobarómetros* utilizando tanto el análisis descriptivo como el inferencial. Se ofrecen así resultados descriptivos y la evolución de los mismos en 2010 respecto a 2006 tanto de la muestra total como de los correspondientes a

España frente al resto de los países de la muestra en cada una de las dos encuestas. El estudio, extenso y complejo, se puede encontrar en la web del CCARS ([www.ccars.es](http://www.ccars.es)) como extracto de la publicación que, con el título *“Percepción del riesgo para la salud y campos electromagnéticos en contexto medioambiental: Eurobarómetros 66.2 y 73.3”*, ha sido editada dentro de la Colección Documentos *CIEMAT* en formato CD-DVD por la Editorial *CIEMAT* y que se puede solicitar a la autora en el siguiente correo electrónico: [ana.munoz@ciemat.es](mailto:ana.munoz@ciemat.es).

### 6.1.1 Resumen de los principales datos

En el año 2006, los ciudadanos de la muestra total, descontados los españoles, atribuyen riesgo para la salud a aquellos factores ambientales que claramente se identifican, en línea con el paradigma psicométrico de Slovic [Slovic-1987], con consecuencias negativas para dicho bien: los agentes químicos, la calidad de los alimentos, la calidad del agua potable y la calidad del aire. De todas formas, los datos revelan que la mayoría de los agentes son considerados perjudiciales para la salud con valores que, sumando los que atribuyen mucho y algún riesgo, superan el 80% para trece de ellos, con la excepción de las condiciones de hogar y los electrodomésticos. Si nos centramos en la respuesta que refleja la percepción de mayor amenaza y que se corresponde con la respuesta “mucho” para el riesgo potencial, son los agentes químicos, la calidad de los alimentos, los vertederos de basura, el agua potable, el aire interior y las aguas continentales los que superan el 50%. Ligeramente por debajo de ese porcentaje están las líneas de alta tensión, las antenas de telefonía móvil y la exposición solar, éste ya en un 45%, mientras que el aire exterior se sitúa por debajo del 40%, siguiendo en este orden decreciente, el ruido, los teléfonos móviles (con algo



más del 30%), las condiciones del hogar, los ordenadores y los electrodomésticos.

En este año, los ciudadanos españoles señalan tres factores a los que vinculan de manera especial con el potencial riesgo para la salud: la calidad de los alimentos, los agentes químicos y los vertederos de basura. Por otro lado, el porcentaje de encuestados que considera a los factores relacionados con los campos electromagnéticos como posibles peligros para la salud es esencialmente bajo- especialmente los electrodomésticos y los ordenadores, siguiendo la tónica europea-, si bien los dos factores que más debate han suscitado y más atención mediática han recibido, las antenas de telefonía y las líneas de alta tensión, recogen más del 90% de respuestas, agrupando las opciones "mucho" y "algo" respecto a la amenaza potencial de riesgo para la salud. Es importante destacar que en la muestra española, las variables sobre fuentes de *CEM* son los elementos que más se asocian con la preocupación por los riesgos para la salud, mientras que en la muestra general, no se da esta asociación tan específica puesto quienes se preocupan por los riesgos para la salud de los *CEM* tienden a hacerlo también por los otros diez factores ambientales.

**En el año 2010** se detecta entre los ciudadanos europeos una tendencia a mostrar menor preocupación por la potencial amenaza de riesgos para la salud derivada de los factores que se someten a escrutinio en el mencionado contexto ambiental y esto es particularmente notable en el caso de los cinco factores, de entre los 15 sometidos a ese escrutinio, que tienen que ver específicamente con los campos electromagnéticos (*CEM*).

En el caso de los ciudadanos españoles, el factor ambiental al que atribuye en **2010** más riesgo para la salud son los agentes químicos, seguidos por las

líneas de alta tensión, combinando las respuestas que atribuyen mucho y algo de riesgo. Las antenas de telefonía móvil se sitúan en posición intermedia. En el caso de los españoles se observa una asociación significativa entre los cinco factores ambientales vinculados con los *CEM* y las diferentes fuentes de estos campos por las que se pregunta, lo que no es tan evidente en los resultados de la muestra del resto de los europeos. Al analizar las diferencias entre las dos muestras en el año **2010** se detecta que, entre los españoles, hay un mayor número de personas preocupadas por los riesgos asociados a los *CEM*, siendo los considerados como más peligrosos, en una tendencia mantenida a lo largo del trabajo, las antenas de telefonía y las líneas de alta tensión, siendo, además, en este caso es donde el nivel de conocimiento de los españoles es superior al de los europeos; entre éstos, hay un más alto porcentaje que escogen la opción "no sabe" respecto a estas fuentes de *CEM*.

**La comparación entre datos de 2010 con respecto a 2006** para el total de la muestra, se basa en el estadístico *Chi cuadrado* (permite comparar la frecuencia que se obtendría en **2010** si las respuestas se distribuyeran del mismo modo que en **2006**, con la frecuencia realmente obtenida en la muestra). Los resultados se ilustran en la *Figura 3*.

Como puede observarse, los factores que muestran un aumento en la percepción del riesgo para la salud son las condiciones del hogar de modo notable, el aire interior y la calidad de los alimentos de forma apreciable, el agua potable, el ruido, los electrodomésticos y los vertederos de basura de modo ligero. Sin embargo, hay un descenso notable en el caso de los teléfonos móviles y de las antenas de telefonía, mostrando igualmente una tendencia decreciente para los ordenadores, las líneas de alta tensión y la exposición solar.

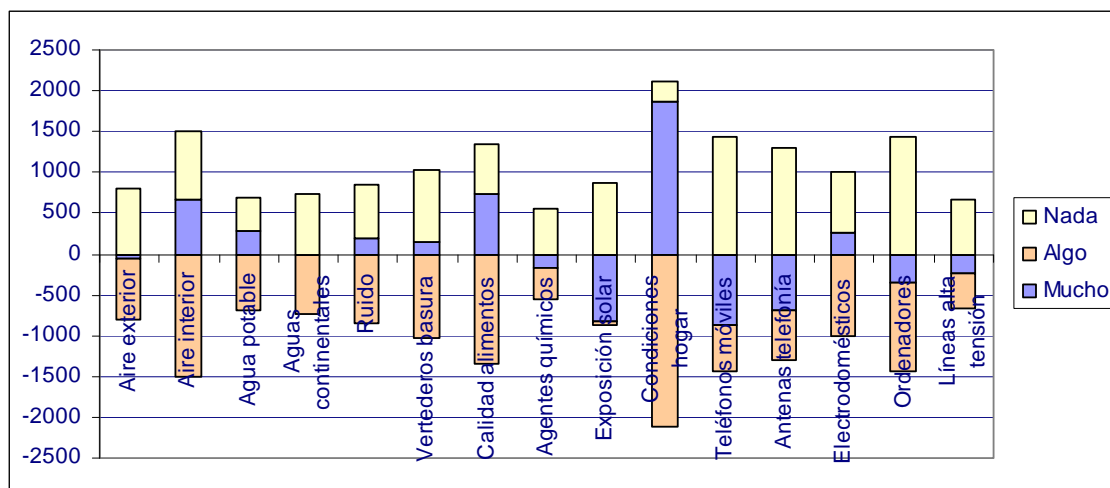


Figura 3. Percepción de los riesgos para la salud producidos por factores ambientales (incluidas fuentes de CEM). Comparación de los datos de 2010 con respecto a los de 2006. Total de la muestra. Residuales. (Fuente: Muñoz van den Eynde, A. *Comunicación en el Coloquio Fronteras de la Ciencia: dilemas y desafíos en la vanguardia de la investigación*. Oviedo, 29 y 30 de octubre de 2012).

### 6.1.1.1 Comparación entre los datos españoles y los europeos

Se ha utilizado también el estadístico *Chi cuadrado* para comparar los resultados de la muestra española respecto al resto de los ciudadanos de la Unión Europea en 2006, resultado que se muestra en la *Figura 4*, en la que se revela la mayor preocupación de los ciudadanos de nuestro país por las líneas de alta tensión, las antenas de telefonía, los vertederos de basura, las aguas continentales, el aire interior, los electrodomésticos, los teléfonos móviles, la exposición solar, y los ordenadores, mencionados por orden descendente en la intensidad de la percepción de la gravedad de la amenaza para la salud.

En el caso español, los agentes químicos y el aire exterior, aun siendo considerados como los factores de mayor preocupación por sus efectos sobre la salud, lo son con menor intensidad relativa que en el ámbito europeo.

En los datos comparativos correspondientes al año 2010 (*Figura 5*) se aprecian importantes cambios: aumentan las percepciones de amenaza con respecto a la opinión de los europeos para el aire exterior, las condiciones de hogar, la calidad de los alimentos y los agentes químicos, mientras que disminuyen significativamente las preocupaciones suscitadas por las líneas de alta tensión, las antenas de telefonía, el aire interior, los teléfonos móviles y los electrodomésticos.

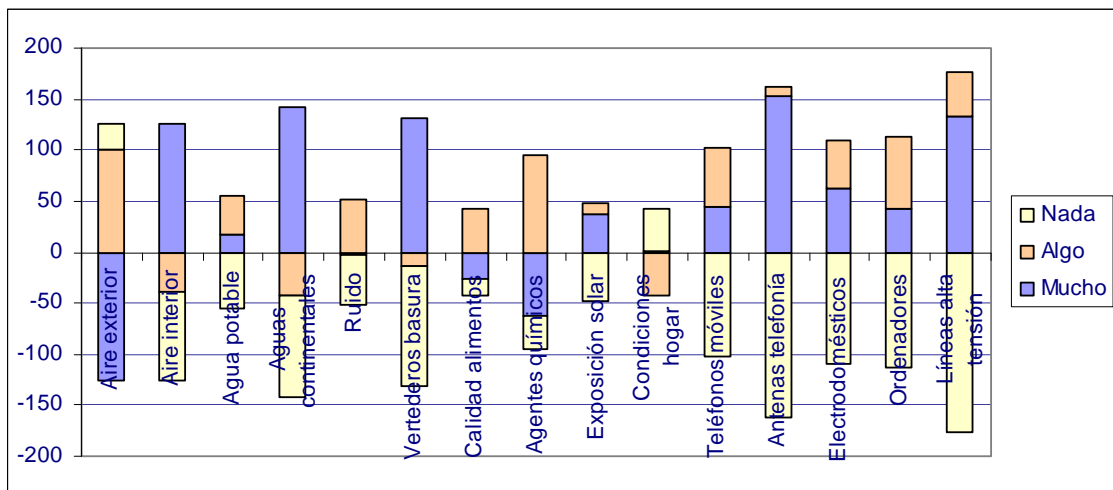


Figura 4. Percepción de los riesgos para la salud producidos por factores ambientales (incluidas fuentes de CEM). Comparación de la muestra española respecto al resto de ciudadanos de la Unión Europea en 2006. Residuales. (Fuente: Muñoz van den Eynde, A. Comunicación en el Coloquio Fronteras de la Ciencia: dilemas y desafíos en la vanguardia de la investigación. Oviedo, 29 y 30 de octubre de 2012).

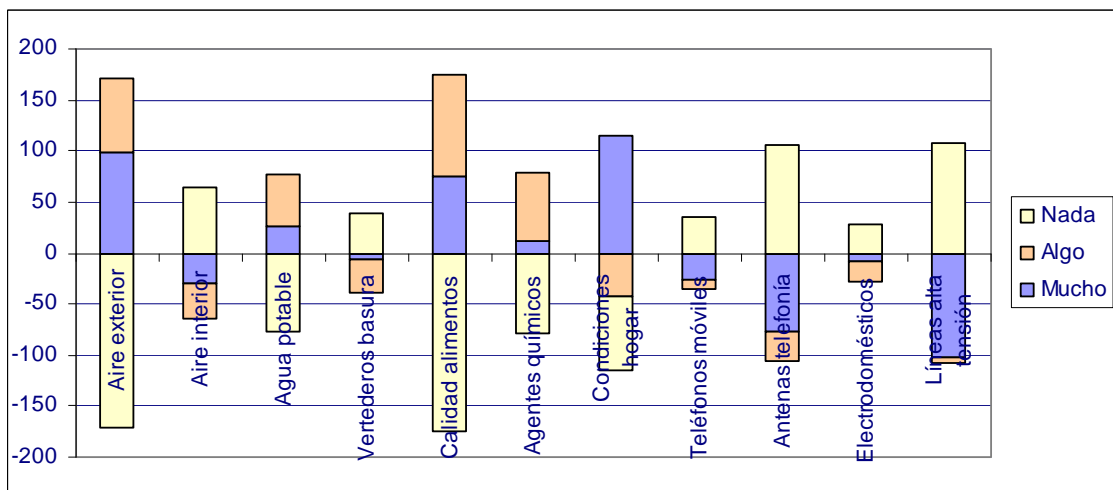


Figura 5. Percepción de los riesgos para la salud producidos por factores ambientales (incluidas fuentes de CEM). Comparación de la muestra española respecto al resto de ciudadanos de la Unión Europea en 2010. Residuales. (Fuente: Muñoz van den Eynde, A. Comunicación en el Coloquio Fronteras de la Ciencia: dilemas y desafíos en la vanguardia de la investigación. Oviedo, 29 y 30 de octubre de 2012).

### 6.1.2 Consideraciones para la reflexión

Como en todo campo de investigación, los estudios sobre percepción social requieren constante atención y evaluación para seguir su evolución. El problema es que en el estudio de las consecuencias sociales sobre el impacto ambiental y salubre de los factores que inciden sobre el medio ambiental en general y sobre las de los campos electromagnéticos en particular, no se trabaja mucho en el ámbito europeo ni, por descontado, en el español. Sin embargo, lo que se deriva del estudio de los *Eurobarómetros* que se han ocupado de estas temáticas- por cierto, con mucha menor intensidad y amplitud que sobre otras tecnologías y sus aplicaciones-, y que se han analizado en la Unidad de investigación en Cultura Científica del *CIEMAT*, aportan datos interesantes que reclamarían más exploración y que requerirían más inversión para realizar investigación de campo. Esto supone cambios en las estrategias de fijación de prioridades en la atribución de recursos económicos a la ciencia.

## 6.2 Comunicación y alarma social en el ámbito de las radiofrecuencias y la salud

A lo largo de los últimos años están surgiendo en la sociedad diversas situaciones relacionadas con el riesgo para la salud, que traen consigo un efecto de alarma entre los ciudadanos; a quienes, a pesar de estar cada vez más informados, de alguna manera les suscitan temores que recuerdan a las clásicas epidemias de otros tiempos.

En este ámbito, todos recordamos el trágico episodio producido por el supuesto envenenamiento masivo producido por el aceite de colza, que supuso un revulsivo para el sistema de salud pública de nuestro

país; o los más recientes casos de las *vacas locas* o la gripe aviar; por no hablar de la irrupción en el mercado de los alimentos transgénicos.

La mayoría de estos casos que tanto han alarmado a la sociedad española en los últimos tiempos, se basaban en una alarma generada en un momento dado, y que se extendió durante algún tiempo alimentada sobre manera por unos medios de comunicación que vieron en ese efecto explotador de la percepción del riesgo una manera de engrosar sus ventas y, por lo tanto, sus beneficios.

Un elemento común en estas situaciones es que, inmersa en una situación tensionada por la presión del momento, la población las percibe como de riesgo elevado y exige una respuesta inmediata a las mismas de los responsables sanitarios, tanto en el ámbito político como en el profesional.

Estas crisis son habitualmente sucedidas por una serie de críticas hacia las instituciones públicas, a las que se acusa de ocultar información o de primar intereses económicos e industriales; y hacia las autoridades, de las que suele concluirse que no trabajan como deberían para defender los intereses de los ciudadanos.

Ante esta perspectiva, el argumento normalmente utilizado por los máximos responsables públicos para justificar la ausencia de una reacción firme, suele ser que actúan de esta manera para evitar el desarrollo de una alarma social de la que habitualmente responsabilizan a los medios de comunicación.

Esta aparente contradicción en los argumentos viene a sugerir que se trata de un problema de muy complicada resolución al que las instituciones sanitarias no siempre pueden encontrar salida.

Todo este tipo de situaciones suelen producirse a partir de aquellos casos de alarma social como los

comentados, basados en un determinado riesgo para la salud, de carácter puntual y anclados en una vorágine comunicativa que puede durar más o menos tiempo, pero que suele acabar disipándose al perder los atributos de “actual” o “novedoso”.

Sin embargo, hay un tema que aunque en su origen generó ríos de tinta, no llegó a preocupar en exceso a una amplia mayoría de la sociedad. Se trata de las revueltas ciudadanas ante la instalación de antenas de telefonía móvil.

La diferencia entre este asunto generador de alarma social y los anteriormente comentados, se basa en que en este caso, la exaltación de la percepción del riesgo es estrictamente local, e incluso está circunscrita a un barrio o a algunas manzanas. Los supuestos afectados por un asunto de este tipo, son los vecinos que viven, trabajan o estudian en torno a una de estas antenas, pero su capacidad de movilización se limita a su propio entorno y se centra en su problema inmediato, quedando el asunto encuadrado en este ámbito.

En este orden de cosas, la percepción de un riesgo demasiado localizado y con un alcance limitado, quedaría a expensas de los medios de comunicación locales y de la capacidad de gestión de esa situación de crisis por parte de las autoridades locales, cuya intervención pudiera basarse más en la búsqueda de su consolidación política que en un interés real por resolver la situación.

Esa tendencia hacia la preocupación por los problemas propios, haría que cada una de las situaciones de percepción de riesgo en el ámbito de las radiofrecuencias y la salud, basada en la instalación de una antena de telefonía móvil en una ubicación cercana, se quedara en un hecho aislado si no fuera por la aparición de una serie de agentes interesados en generar una alarma social de carácter global a partir de este asunto.

Y la forma de generar esa alarma social, que sin llegar a ser casi nunca excesiva sabe mantenerse en el tiempo como una especie de “lluvia fina”, es a través de la concatenación de aquellas acciones puntuales, que derivan en un movimiento asociativo de carácter transgresor que basa su acción en argumentos científicamente poco fundamentados pero perfectamente alineados para generar una percepción de riesgo encaminada a fines espurios.

Solo la existencia de una serie de organizaciones, asociaciones y empresas encaminadas a obtener beneficios a partir de la venta de una serie de productos que supuestamente protegen de los efectos perniciosos de las radiofrecuencias, y que utilizan argumentos recurrentes como la lucha contra los intereses de las grandes compañías de telecomunicaciones, pueden mantener en el tiempo una situación de alarma social sostenida alimentada por unos medios de comunicación poco responsables desde un punto de vista social.

Es oportuno reconocer que los medios de comunicación, a pesar de que en ocasiones tienen una especial sensibilidad ante ciertas situaciones relacionadas con el ámbito de la salud, actúan de modo cuando menos discutible; y en el momento en el que se encuentra implicada alguna institución o persona a las que responsabilizar, se convierten en una especie de “perros de presa” que en unas ocasiones crean historias, y en otras simplemente las amplifican. De esta manera, suele cumplirse la máxima de que una buena historia es aquella en la que tanto los intereses del público como los de los medios se refuerzan uno a otro.

En este orden de cosas, el objetivo de la comunicación de riesgos en el ámbito de la salud debe basarse en disminuir la preocupación del público ante este tipo de lances y adecuar el riesgo

percibido al riesgo real, de tal modo que las políticas necesarias para su gestión sean razonables.

En este punto, conviene destacar que hay tres principios fundamentales que subyacen a la comunicación de riesgos, y que no son otros que el reconocimiento de que las percepciones son realidades; la necesidad de establecer confianza y credibilidad; y la observación de que una comunicación efectiva de riesgos se basa en habilidades que requieren una gran cantidad de conocimiento, preparación y práctica.

Entre los elementos necesarios para gestionar adecuadamente una comunicación de riesgos como la generada por el ámbito de las radiofrecuencias y salud, destacan la realización de una declaración clara de que el objetivo del comunicante es proteger y promover la salud de la población; la expresión de independencia respecto a la industria y a otros ámbitos de la administración; la claridad, apertura y sinceridad sobre lo que se conoce en relación con un riesgo específico para la salud y lo que no se conoce; la oferta de oportunidades para el encuentro con personas de referencia científica en la materia; o el acceso rápido a documentos oficiales que permitan obtener información basada en pruebas.

Por otra parte, parece oportuno señalar algunos elementos que carecen de utilidad ante la gestión de una comunicación de riesgos, tales como responder asegurando que no existe ningún riesgo en ausencia de información basada en pruebas científicas; proporcionar informaciones emanadas de diferentes interlocutores; dificultar el acceso a datos de investigaciones previas sobre los riesgos para la salud del factor que ha desencadenado la crisis; o caer en la tentación de utilizar estudios inadecuados y faltos de fiabilidad, que suelen derivar en una pérdida de credibilidad.

Las nuevas tecnologías no hacen sino favorecer la inmediatez en la circulación de la información, en uno u otro sentido, a lo que se une una legítima aspiración social por recibir respuestas ante situaciones que supuestamente ponen en riesgo la salud. Sin embargo, es la prudencia en un marco de responsabilidad social la que debería liderar este proceso en aras de aportar tranquilidad y apostar por la racionalidad en un asunto tan sensible.

Para el lector interesado en profundizar más sobre comunicación en situaciones de alarma social, les sugerimos las siguientes referencias [Slovic-1986], [Banegas-1997], [Covello-1995], [Lyons and Wright-1999].

### 6.3 Genética y uso de los teléfonos móviles

En el terreno de los estudios sobre campos electromagnéticos, sus potenciales efectos sobre la salud y las dimensiones sociales que las conectan, un interesante artículo aparecido a principios de 2012 en una revista australiana de sugerente cabecera "*Twin Research and Human Genetics*" ("*Investigación en gemelos y genética humana*" (<http://journals.cambridge.org/action/displayJournal?jid=THG>) abre una nueva dimensión al abordar el comportamiento del usuario de los teléfonos móviles desde la revolucionaria perspectiva de la genética del comportamiento respecto a los hábitos del consumidor [Miller-2012].

El trabajo es el resultado de una colaboración interdisciplinar entre un investigador del Departamento de Psicología de la Universidad de Nuevo México en Estados Unidos y un grupo australiano del Instituto de Investigación Médica

(*Institute of Medical Research*) en Brisbane que trabaja en Epidemiología Genética.

Los autores del trabajo señalan que tiene dos resultados importantes, dos limitaciones igualmente significativas y varias implicaciones. El primer resultado relevante es que los usuarios de teléfonos móviles muestran propiedades modestas de herencia (heredabilidad) en cinco de los seis parámetros utilizados para medir su uso. La implicación más clara que se deriva de los resultados es que los genes parecen ser más importantes que los entornos familiares en predecir la frecuencia con que se habla o se envían textos por los móviles.

El segundo resultado claro es que se observan *correlaciones fenotípicas y genéticas*, modestas pero significativas en términos teóricos, entre el uso de móviles y otros rasgos como la extroversión y la inteligencia. El primer carácter favorece el uso de los móviles mientras que el segundo desvela modestas correlaciones negativas.

Las limitaciones son de indudable peso: en primer lugar, se reconoce que el estudio se centra en una población que es muy homogénea y, en segundo lugar, se admite la limitada fiabilidad de las auto-declaraciones respecto al uso de los móviles.

Estas dos limitaciones son, a juicio de los miembros del CCARS responsables de esta parte del Informe, de suficiente entidad para haber cuestionado la publicación del artículo. Sin embargo, los editores de

una revista de perfil muy específico y al que el trabajo se ajusta perfectamente, han preferido optar por su publicación en un proceso editorial muy rápido en aras probablemente a la novedad del estudio y al ajuste a los objetivos y misión de la publicación, proceso que se puede conocer por mor de la transparencia, que rige desde hace mucho tiempo el ámbito de la disseminación de los resultados científicos.

Por otra parte, el amplio tratamiento que se dedica a las implicaciones del trabajo es, a juicio del CCARS, un tanto prematuro y sobre interpretado.

En todo caso, el trabajo tiene dos importantes valores que se enmarcan en la trayectoria que viene siguiendo el Comité: el primero que abre una nueva línea de investigación que puede tener un gran interés para las estrategias de los agentes que intervienen en el seguimiento de la preocupación por los efectos de las radiaciones de baja frecuencia en la salud pública; el segundo que se pone de relieve la importancia del método científico, tema en el que venimos insistiendo hasta la saciedad, para comprender la producción y disseminación de los conocimientos científicos. Este último dato es algo que consideramos que los medios de comunicación deben asimilar y aplicar con el fin de cumplir su importante misión con el rigor y la seriedad que deseamos quienes trabajamos en el ámbito de la gestión pública y social del riesgo desde la perspectiva de la ciencia y la tecnología.





## 7. Conclusiones

- Existen trabajos procedentes de la investigación en biología básica que apuntan a fuentes posibles de aplicación para conocer mejor los efectos de los campos electromagnéticos (*CEM*) sobre los procesos y sistemas biológicos. Intentar profundizar en esta orientación podría ser objeto de atención por parte de quienes diseñan y promueven los programas de fomento de la I+D+i tanto para el ámbito público como para la colaboración público-privado, mecanismo que suscita un interés creciente por parte de esos responsables.
- Los estudios epidemiológicos y clínicos siguen aportando las mayores cotas de información gracias a los informes y análisis suministrados por los diferentes Comités y agencias internacionales. Los datos siguen apoyando el argumento de que no hay evidencia de relación causal entre la exposición a los *CEM* de radiofrecuencia (*RF*) y la aparición de tumores, aunque también se reconocen las limitaciones existentes en lo que se refiere a la medición de la exposición a la radiación.
- Los tumores de rápido crecimiento, como los gliomas, son un indicador de valor y hasta ahora no se encuentra una asociación entre la exposición a los *CEM* de *RF* y este tipo de tumores.
- Desde instancias internacionales como el Instituto Noruego de Protección de la Salud se insiste en que no se cumplen las condiciones para justificar la aplicación del principio de precaución a este tipo de agentes físicos. Tampoco se considera, en el caso de estas fuentes, que exista fundamento científico para justificar una reducción en la exposición a los *CEM* de individuos que se consideran hipersensibles.
- Los estudios realizados en los Países Nórdicos, Suiza, Inglaterra; Estados Unidos, Taiwán y Shanghai a lo largo de periodos de variada extensión no han encontrado una relación causal entre el uso de los teléfonos móviles y los tumores cerebrales sobre la base de que no se han detectado aumentos en las tasas de incidencia de tales tumores.
- Existe un consenso generalizado, posición a la que el *CCARS* se une, de que debe incentivarse la investigación sobre los mecanismos básicos y que asimismo deben racionalizarse los estudios epidemiológicos para elaborar evaluaciones validadas de la exposición. Se reconoce asimismo que el desarrollo de métodos para reducir la exposición a las radiaciones es una estrategia valiosa para la aplicación racional de los mecanismos de prevención frente a la opción más radical que representa la visión extrema del principio de precaución.
- El análisis de las percepciones sociales y el seguimiento y contraste de las estrategias de comunicación son un paso importante para avanzar en la gestión y la evaluación del riesgo. A estos objetivos, el *CCARS* viene prestando especial atención como lo prueba la evolución del tratamiento de estas cuestiones en los informes bienales. Ante situaciones de alarma, las autoridades competentes deben reaccionar rápidamente proporcionando una información

objetiva, comprensible, transparente e independiente.

- La creciente utilización de los sistemas *Wi-Fi* reclama introducir y prestar atención a la evaluación de los efectos de estos sistemas en los programas de investigación y en los Informes institucionales.
- La reglamentación sobre las exposiciones y los avances en dosimetría son líneas de actuación a las que el *CCARS* presta especial atención y se esfuerza en su seguimiento y evaluación, considerando en términos generales, satisfactoria la evolución de la situación.
- La búsqueda de colaboración entre los campos científicos y tecnológicos que contribuyen a la caracterización y medida de las fuentes de radiación a los que se suman las áreas de la investigación biológica y biomédica que analizan los potenciales efectos de los *CEM* sobre la salud, con los ámbitos que se preocupan de los estudios sociales y de las dimensiones éticas y que profundizan en el campo del derecho y las resoluciones judiciales, forma parte de la clara vocación interdisciplinar que orienta la actividad del *CCARS*.

## 8.Recomendaciones

De acuerdo con lo expuesto en el presente informe, el CCARS considera que el conocimiento científico sobre los campos electromagnéticos y su interacción con los organismos vivos permitirá establecer medidas encaminadas a garantizar una satisfactoria relación, desde todos los ámbitos y bajo cualquier perspectiva, entre la sociedad y las nuevas tecnologías. Por ello, es fundamental establecer planes de investigación que permitan avanzar en el conocimiento así como definir políticas claras que permitan eliminar las reticencias en la población sobre las nuevas mejoras tecnológicas.

Por ello, el CCARS considera que:

- Es recomendable establecer, por parte de las autoridades que definen los planes de I+D+i, un programa o línea de investigación bien definido centrado en los efectos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias que permita establecer los mecanismos de interacción entre dichos campos electromagnéticos y los sistemas biológicos.
- Es recomendable atenuar las controversias que rodean a muchos estudios clínicos debido a la dificultad para replicar los resultados obtenidos, como consecuencia, en la mayor parte de los casos, del uso de un amplio espectro de condiciones experimentales que impiden realizar un análisis comparativo entre los distintos estudios. Por ello se considera muy importante la adopción de procedimientos estandarizados.
- En la misma línea de lo recomendado para el caso de estudios clínicos y experimentales y con el fin de evitar sesgos que resten fiabilidad a los estudios epidemiológicos, se estima necesario definir procedimientos que permitan evaluar la exposición a los campos electromagnéticos de los individuos participantes en cada estudio de una forma más precisa.
- Es recomendable fomentar la investigación dirigida a evaluar si la exposición durante periodos de tiempo superiores a 10 años tiene efectos adversos sobre la salud. De la misma forma es necesario proseguir con los estudios que permitan evaluar los efectos de las condiciones de exposición sobre la población infantil y adolescente así como sobre el feto en el caso de mujeres embarazadas.
- Es recomendable ampliar el conocimiento sobre las causas y síntomas del síndrome de hipersensibilidad electromagnética
- Dado el aumento de la exposición de la población a campos electromagnéticos de radiofrecuencias de múltiples fuentes es recomendable mejorar la precisión de los equipos de medida y las estrategias de dosimetría.
- Es recomendable que las autoridades competentes desarrollen actividades de información y divulgación sobre los campos electromagnéticos y en particular, sobre los campos de radiofrecuencia y sus posibles efectos, aportando a esas campañas el estado actual de los conocimientos asentados en sólidas bases científicas.



## 9. Referencias

**[AcadFranc-2009]** “Réduire l'exposition aux ondes des antennes-relais n'est pas justifié scientifiquement”, Académie Nationale de Médecine, Académie des Sciences, Académie des Technologies (17/12/2009).

La nota conjunta se puede encontrar en las páginas web de las tres Academias:

<http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/avis171209.pdf>

<http://www.academie-medecine.fr/detailPublication.cfm?idRub=26&idLigne=1752>

<http://www.academie-technologies.fr/fileadmin/templates/PDF/presentation/MiseAuPoint.pdf>

**[Ahmad-2007]** Ahmad, M., Galland, P., Ritz, T., Wiltschko, R. and Wiltschko, W. *Magnetic intensity affects cryptochrome-dependent responses in Arabidopsis thaliana*. *Planta*, 225, 615-624 (2007).

**[AFSSET-2009]** Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences, Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, Comité d'Experts Spécialisés liés à l'évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements, Groupe de Travail Radiofréquences, Octobre 2009.

<http://www.afsset.fr/index.php?pageid=2456>

**[Aly-2011]** Aly, A.A., Deris, S.B. and Zaki, N. *The effects on cellular mobility due to exposure to EMF radiation*. *Adv. Computing: An Int Journal* 2, 1-7 (2011).

**[ANFR-2008]** *Guide technique modelisation des sites radioelectriques et des perimetres de securite pour le public*. Version II (22/02/2008). Agence Nationale des Fréquences.

[www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/ANFR\\_-\\_guide\\_perimetres\\_de\\_securite-2.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/ANFR_-_guide_perimetres_de_securite-2.pdf)

**[Atzmon-2012]** Atzmon I, Linn S, Richter E, Portnov BA. *Cancer risks in the Druze Isifya Village: Reasons and RF/MW antennas*. *Pathophysiology* 2012; 19 (1): 21 - 28.

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21873036?dopt=Abstract>

**[Aydin-2011]** Aydin D, Feychting M, Schüz J, Tynes T, Andersen TV, Schmidt LS, Poulsen AH, Johansen C, Prochazka M, Lannering B, Klæboe L, Eggen T, Jenni D, Grotzer M, Von der Weid N, Kuehni CE, Rööslö M. *Mobile phone use and brain tumors in children and adolescents: a multicenter case-control study (CEFALO)*. *J. Natl. Cancer Inst*; 103 (16): 1264 - 1276 (2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21795665>

Artículo completo:

<http://jncli.oxfordjournals.org/content/103/16/1264.long>

**[Beck-1999]** Ulrich Beck (1999). *World Risk Society*, Polity Press in association with Blackwell Publishers. Traducción al español: *La sociedad del riesgo global*. Siglo XXI de España Editores (Madrid)

**[Beltrán-Frutos-2012]** Beltrán-Frutos, E., Bernal-Mañas, C.M., Navarro, S., Zuasti, A., Ferrer, C., Canteras, M., Seco-Rovira, V., García-Collado, A.J. and Pastor, L.M. *Histological changes in connective tissue of rat tails after bipolar radiofrequency treatment*. *Histology and Histopathology* 27, 1231-1237 (2012).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22806911>

**[Boniol-2011]** Boniol M, Doré JF, Boyle P. Re. Lehrer S, Green S, Stock RG. *Association between number of cell phone contracts and brain tumor incidence in nineteen U.S. States*. *J. Neurooncol*. 105(2):433-4 (2011).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21499726>

**[Bouwens-2012]** Bouwens, M., de Kleijn, S., Ferwerda, G., Cuppen J.J., Savekoul, H.E.J. and Verburg-van Kemenade, B.M.L. *Low-frequency electromagnetic fields do not alter responses of inflammatory genes and proteins in human monocytes and immune cell lines.* Bioelectromagnetics 33, 226-237 (2012)

Abstract:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bem.20695/abstract>

**[Brautigam-2004]** Brautigam, C. A., Smith, B. S., Ma, Z., Palnitkar, M., Tomchick, D. R., Machius, M. and Deisenhofer, J. *Structure of the photolyase-like domain of cryptochrome 1 from Arabidopsis thaliana.* Proc. Natl. Acad. Sci USA, 101, 12142-12147 (2004).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15299148>

Artículo completo:

<http://www.pnas.org/content/101/33/12142.long>

**[Buchachenko&Kuznetsov-2008]** Buchachenko, A. L. and Kuznetsov, D. A. *Magnetic field affects enzymatic ATP synthesis.* J. Am. Chem. Soc., 130, 12868-12869 (2008).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18774801?dopt=Abstract>

**[Cardis-2011]** Cardis E, Armstrong BK, Bowman JD, Giles GG, Hours M, Krewski D, McBride M, Parent ME, Sadetzki S, Woodward A, Brown J, Chetrit A, Figuerola J, Hoffmann C, Jarus-Hakak A, Montestruq L, Nadon L, Richardson L, Villegas R, Vrijheid M. *Risk of brain tumours in relation to estimated RF dose from mobile phones: results from five Interphone countries.* Occup. Environ. Med 68 (9): 631 - 640 (2011).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21659469>

Artículo completo

<http://oem.bmj.com/content/68/9/631.full.pdf+html?sid=b5afdeec-cab7-4596-9c01-0ad7db5dff9c>

**[Carlberg-2012]** Carlberg M, Hardell L. *On the association between glioma, wireless phones,*

*heredity and ionising radiation.* Pathophysiology 19 (4): 243 - 252 (2012).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22939605?dopt=Abstract>

**[CCARS-2011]** Informe sobre radiofrecuencias y salud (2009-2010). Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (CCARS), Ed. Complutense, Madrid 2011, ISBN 9788499380711

<http://www.ccars.es>

**[COIT-WLAN-2004]** La situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes ("Wi-Fi"). Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT). Grupo de Nuevas Actividades Profesionales

[http://coit.es/pub/ficheros/informewificoit\\_definitivo\\_2464518b.pdf](http://coit.es/pub/ficheros/informewificoit_definitivo_2464518b.pdf)

**[Crotty-2012]** Crotty, D., Silkstone, G., Poddar, S., Ranson, R., Prina-Mello, A., Wilson, M. T. and Coey, J. M. *Reexamination of magnetic isotope and field effects on adenosine triphosphate production by creatine kinase.* Proc. Natl. Acad. Sci USA, 109, 1437-1442 (2012).

Abstract y artículo completo:

<http://europepmc.org/abstract/MED/22198842/reload=0;jsessionid=nzg7aSlNrxzddDnpWlou.6>

**[de Vocht-2011]** de Vocht F, Burstyn I, Cherrie JW. *Time trends (1998-2007) in brain cancer incidence rates in relation to mobile phone use in England.* Bioelectromagnetics 32 (5): 334 - 339 (2011)

Abstract

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21280060>

**[Delgado-2006]** Delgado M., Palma S. *Aportaciones de la revisión sistemática y del metaanálisis a la salud pública.* Rev. Esp. Salud Pública 80(5), 483-489 (2006).

Artículo completo

[www.scielosp.org/pdf/resp/v80n5/colaboracion5.pdf](http://www.scielosp.org/pdf/resp/v80n5/colaboracion5.pdf)

**[Deltour-2009]** Deltour I., Johansen C., Auvinen A., Feychting M., Klaeboe L., Schüz J. *Time trends in brain tumor incidence rates in Denmark, Finland, Norway, and Sweden, 1974-2003.* J Natl Cancer Inst 101(24), 1721-1724 (2009).



Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19959779>

Artículo completo

<http://jncli.oxfordjournals.org/content/101/24/1721.full.pdf+html>

**[Deltour-2012]** Deltour I, Auvinen A, Feychting M, Johansen C, Klæboe L, Sankila R, Schüz J. *Mobile Phone Use and Incidence of Glioma in the Nordic Countries 1979-2008: Consistency Check*. *Epidemiology* 23 (2): 301-307 (2012)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22249239>

**[Ding-2011]** Ding LX, Wang YX. *Increasing incidence of brain and nervous tumours in urban Shanghai, China, 1983-2007*. *Asian Pac J Cancer Prev*; 12 (12): 3319 - 3322 (2011).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22471473?dopt=Abstract>

Artículo completo

[http://www.apocpcontrol.org/page/apjcp\\_issues\\_view.php?sid=Entrez:PubMed&id=pmid:22471473&key=2011.12.12.3319](http://www.apocpcontrol.org/page/apjcp_issues_view.php?sid=Entrez:PubMed&id=pmid:22471473&key=2011.12.12.3319)

**[Dode-2011]** Dode AC, Leao MM, Tejo FD, Gomes AC, Dode DC, Dode MC, Moreira CW, Condessa VA, Albinatti C, Caiaffa WT. *Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil*. *Science of the Total Environment* 409 (19): 3649 - 3665 (2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21741680?dopt=Abstract>

**[Duan-2011]** Duan Y, Zhang HZ, Bu RF. *Correlation between cellular phone use and epithelial parotid gland malignancies*. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 40 (9): 966 - 972 (2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21474287?dopt=Abstract>

**[EFHRAN-2012]** *Report on priorities of health risk management and communication on EMF exposure*. Deliverable Report D8 of EHFRAN project. European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure. Octubre 2012.

[http://efhran.polimi.it/docs/EFHRAN\\_D8\\_FINALE.pdf](http://efhran.polimi.it/docs/EFHRAN_D8_FINALE.pdf)

**[Elliott-2010]** Elliott P, Toledano MB, Bennett J, Beale L, de Hoogh K, Best N, Briggs DJ. *Mobile phone base stations and early childhood cancers: case-control study*. *BMJ* 340, c3077 (2010).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20570865>

Artículo completo:

<http://www.bmj.com/content/340/bmj.c3077?view=long&pmid=20570865>

**[Foley-2011]** Foley, L. E., Gegear, R. J. and Reppert, S. M. *Human cryptochrome exhibits light-dependent magnetosensitivity*. *Nat. Commun.* 2:356 (2011).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3128388/>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3128388/pdf/ncomms1364.pdf>

**[FOPH-WLAN]** *EMF Fact sheets: WLAN*. Federal Office of Public Health (FOPH), Switzerland

<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/03570/index.html?lang=en>

**[Frei-2011]** Frei P, Poulsen AH, Johansen C, Olsen JH, Steding-Jessen M, Schüz J. *Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study*. *BMJ* 343 : d6387 (2011).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22016439?dopt=Abstract>

Artículo completo:

<http://www.bmj.com/content/343/bmj.d6387.pdf%2Bhtml>

**[Gegear-2008]** Gegear, R. J., Casselman, A., Waddell, S. and Reppert, S. M. *Cryptochrome mediates light-dependent magnetosensitivity in Drosophila*. *Nature*, 454, 1014-1018 (2008)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18641630>

**[Greene&Komeili-2012]** Greene, S. E. and Komeili, A. *Biogenesis and subcellular organization of the magnetosome organelles of magnetotactic bacteria*. *Current Opinion in Cell Biology*, 24, 490-495 (2012).

Abstract:

<http://europemc.org/abstract/MED/22726584>

**[Griffin-1999]** Griffin, E. A., Jr., Staknis, D. and Weitz, C. J. *Light-independent role of CRY1 and CRY2 in the mammalian circadian clock.* *Science*, 286, 768-771 (1999).

Abstract:

<http://www.sciencemag.org/content/286/5440/768.abstract>

**[Guerra-2010]** Guerra J.A., Martin P., Santos J.M. Grupo MBE. *Red temática de Investigación sobre Medicina Basada en la Evidencia. Problemas en el desarrollo de recomendaciones: la necesidad de revisiones sistemáticas- MBE: las revisiones sistemáticas. Atención Primaria en Red.*

**[Hardell-2005]** Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. *Case-Control Study on Cellular and Cordless Telephones and the Risk for Acoustic Neuroma or Meningioma in Patients Diagnosed 2000-2003.* *Neuroepidemiology* 25 (3): 120-128 (2005)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15956809>

**[Hardell-2011]** Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. *Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects.* *Int J Oncol.* 38 (5): 1465 - 1474 (2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21331446>

Artículo completo:

<http://www.spandidos-publications.com/ijo/38/5/1465>

**[HC-2010]** *Health Canada Statement on Radiofrequency Energy and Wi-Fi Equipment.* Health Canada. August 18, 2010 (revised January 10, 2012)

[http://www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/media/ft-atj/\\_2012/2012\\_02-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/media/ft-atj/_2012/2012_02-eng.php)

**[Heyers-2007]** Heyers D, Manns M, Luksch H, Güntürkün O, Mouritsen H. *A Visual Pathway Links Brain Structures Active during Magnetic Compass Orientation in Migratory Birds.* *PLoS ONE* 2(9): e937 (2007). doi:10.1371/journal.pone.0000937

Artículo completo:

<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0000937>

**[Hirota-2012]** Hirota, T., Lee, J. W., St John, P. C. Sawa M, Iwaisako K, Noguchi T, Pongsawakul PY, Sonntag T, Welsh DK, Brenner DA, Doyle FJ 3rd, Schultz PG, Kay SA. *Identification of small molecule activators of cryptochrome.* *Science* 337, 1094-1097 (2012)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22798407>

**[Hoang-2008]** Hoang, N., Schleicher, E., Kacprzak, S. et al. *Human and Drosophila cryptochromes are light activated by flavin photoreduction in living cells.* *PLoS Biology*, 6, e160 (2008).

Artículo completo:

<http://www.plosbiology.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.0060160>

**[HPA-2003]** *Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields.* Report of an independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. Documents of the NRPB, vol 14 (2), 2003

[http://www.hpa.org.uk/web/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb\\_C/1254510602951](http://www.hpa.org.uk/web/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1254510602951)

**[HPA-2012]** *Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields.* Report of the independent Advisory Group on Non-ionising Radiation (AGNIR). April 2012. Health Protection Agency (HPA). (Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido). ISBN 978-0-85951-714-0

<http://www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/DocumentsOfTheHPA/RCE20HealthEffectsfromRFElectromagneticFields>

**[HPA-Wi-Fi research project]** Página web del proyecto "Exposure to electromagnetic fields from wireless computer networks (Wi-Fi) (Exposición a los campos electromagnéticos producidos por las redes de ordenadores inalámbricas (Wi-Fi))"

<http://www.hpa.org.uk/Topics/Radiation/UnderstandingRadiation/UnderstandingRadiationTopics/ElectromagneticFields/WiFi/WiFiProjectReportonResultsSeptember2011/>

**[HPA-Wi-Fi in schools]** Azadeh Peyman and Simon Mann. *Wi-Fi in schools* (2009)

[http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1254510618866](http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1254510618866)

**[IARC-2011]** *Nota de Prensa (press release) n° 208 31 Mayo 2011. IARC classifies radiofrequency*

electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans

[http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf)

**[ICNRP-1998]** ICNIRP Guidelines "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics 74 (4), 494-522 (1998)

<http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>

**[ICNIRP-2009]** ICNIRP Statement on the "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)", Health Physics 97 (3), 257-258 (2009).

<http://www.icnirp.de/document/StatementEMF.pdf>

**[IEGMP-2000]** U.K. Independent Expert Group On Mobile Phones "Mobile Phones And Health" (2000), también conocido como Stewart Report (2000).

<http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm>

**[Inskip-2010]** Inskip PD, Hoover RN, Devesa SS. Brain cancer incidence trends in relation to cellular telephone use in the United States. Neuro Oncol 2010; 12 (11): 1147 - 1151 (2010)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20639214?dopt=Abstract>

Artículo completo:

<http://neuro-oncology.oxfordjournals.org/content/12/11/1147.long>

**[InterOCC]** Study INTEROCC - Occupational Exposure and Brain Cancer

<http://www.coeh.monash.org/interocc.html>

**[Interphone-webpage]** Página web del proyecto <http://interphone.iarc.fr>

**[Interphone Study Group - 2011]** The Interphone Study Group. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: Results of the INTERPHONE international case-control study. Cancer Epidemiol 35 (5): 453 - 464 (2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21862434>

**[Karbownski-2012]** Karbownski, L.M., Harribane, S.L., Bukner, C.A., Mulligan, B.P., Koren, S.A., Lafrenie, R.M. and Persinger, M.A. Digitized quantitative electro-encephalographic patterns applied as magnetic fields inhibit melanoma cell proliferation in culture. NeuroSci Letters 523, 131-134 (2012).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22750152>

**[Kohler-2011]** Kohler BA, Ward E, McCarthy BJ, Schymura MJ, Ries LA, Ehemann C, Jemal A, Anderson RN, Ajani UA, Edwards BK Annual report to the nation on the status of cancer, 1975-2007, featuring tumors of the brain and other nervous system. J Natl Cancer Inst 103: 714-736 (2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21454908>

Artículo completo:

<http://jnco.oxfordjournals.org/content/103/9/714.long>

**[Krejci-2012]** Krejci, I., Piana, C., Howitz, S., Wegener, T., Fiedler, S., Zwanzing, M., Schmitt, D., Daum, N., Meier, K., Lehr, C.M., Batista, U., Zemljic, S., Messerschmidt, J., Franze, J., Wirth, M. and Gabor F. Process optimization and biocompatibility of cell carriers suitable for automated magnetic manipulation, Acta Biomaterialia 8, 1239-1247 (2012).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21925622>

**[Larjavaara-2011]** Larjavaara S, Schüz J, Swerdlow A, Feychting M, Johansen C, Lagorio S, Tynes T, Klæboe L, Tonjer SR, Blettner M, Berg-Beckhoff G, Schlehofer B, Schoemaker M, Britton J, Mäntylä R, Lönn S, Ahlbom A, Flodmark O, Lilja A, Martini S, Rastelli E, Vidiri A, Kähärä V, Raitanen J, Heinävaara S and Auvinen A. Location of gliomas in relation to mobile telephone use: a case-case and case-specular analysis. Am J Epidemiol, 174(1), 2-11 (2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21610117>

Artículo completo:

<http://aje.oxfordjournals.org/content/174/1/2.full.pdf+html>

**[Lehrer-2011]** Lehrer S, Green S, Stock RG. *Association between number of cell phone contracts and brain tumor incidence in nineteen U.S. States.* J Neurooncol 101 (3): 505 - 507(2011)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20589524>

**[Li-2012]** Li CY, Liu CC, Chang YH, Chou LP, Ko MC. *A population-based case-control study of radiofrequency exposure in relation to childhood neoplasm.* Sci Total Environ 435 : 472 - 478 (2012)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22885353?dopt=Abstract>

**[Little-2012]** Little MP, Rajaraman P, Curtis RE, Devesa SS, Inskip PD, Check DP, Linet MS. *Mobile phone use and glioma risk: comparison of epidemiological study results with incidence trends in the United States.* BMJ 344 : e1147 (2012)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22403263?dopt=Abstract>

Artículo completo

<http://www.bmj.com/content/344/bmj.e1147?view=long&pmid=22403263>

**[MIEyT-2011]** Informe anual sobre la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de estaciones de radiocomunicación, año 2011.

[http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Informes/1.-%20Informes%20anuales/Informe\\_2011.pdf](http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Informes/1.-%20Informes%20anuales/Informe_2011.pdf)

**[MIEyT-Proc-2012]** Procedimiento de medida de radiaciones no ionizantes (9 kHz- 300 GHz).

[http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/espectro/cter/documents/procedimiento\\_%20medida\\_radiaciones\\_no\\_ionizantes.pdf](http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/espectro/cter/documents/procedimiento_%20medida_radiaciones_no_ionizantes.pdf)

**[Miller-2012]** Miller G., Zhu G., Wright M.J., Hansell N K, Martin N.G. *The heritability and genetic correlates of mobile phone use: a twin study of consumer behavior.* Twin Res Hum Genet. Feb;15(1):97-106 (2012)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22784459>

Artículo completo:

<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=8523603>

**[Mobi-Kids]** *Mobi-kids study on communication technology, environment and brain tumours in young people.* Study funded by the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under Grant Agreement 226873.

<http://www.mbkds.net>

**[Mouritse-2004]** Mouritsen, H., Janssen-Bienhold, U., Liedvogel, M., Feenders, G., Stalleicken, J., Dirks, P. and Weiler, R. *Cryptochromes and neuronal-activity markers colocalize in the retina of migratory birds during magnetic orientation.* Proc Natl Acad Sci U S A 101, 14294-14299 (2004)

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15381765>

Artículo completo:

<http://www.pnas.org/content/101/39/14294.long>

**[NIPH-2012]** Report 2012:3 *Low-level radiofrequency electromagnetic fields – an assessment of health risks and evaluation of regulatory practice*". Report from the Expert Committee appointed by the Norwegian Institute of Health, commissioned by the Ministry of Health and Care Services and the Ministry of Transport and Communications.

Resumen (en inglés)

<http://www.fhi.no/dokumenter/545eea7147.pdf>

*Nota: el informe completo (en noruego) se encuentra disponible en*

<http://www.fhi.no/dokumenter/6563fe9a33.pdf>

**[Nordic-Auth-2009]** *Mobile Telephony and Health – A common approach for the Nordic competent authorities.* Danish National Board of Health (Sundhedsstyrelsen); Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland (Säteilyturvakeskus); Icelandic Radiation Protection Institute (Geislavarnir Ríkisins); Norwegian Radiation Protection Authority (Statens strålevern); Swedish Radiation Protection Authority (Statens strålskyddsinstitut)

<http://www.nrpa.no/dav/c7e2db2c68.pdf>

**[OMS-2006]** *Nota descriptiva n° 304, "Los campos electromagnéticos y la salud pública: Estaciones de base y tecnologías inalámbricas". (Mayo de 2006)*



<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/es/index.html>

**[ORDEN CTE/23/2002]** ORDEN CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.

<http://www.boe.es/boe/dias/2002/01/12/pdfs/A01528-01536.pdf>

**[Peyman-2011]** Peyman A, Khalid M, Calderon C, Addison D, Mee T, Maslanyj M, Mann S. *Assesment of exposure to electromagnetic fields from wireless computer networks (Wi-Fi) in schools; Results of laboratory measurements.* Health Phys. 100 (6) 594-612 (2011).

Abstract: [http://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2011/06000/Assessment\\_of\\_Exposure\\_To\\_Electromagnetic\\_Fields.4.aspx](http://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2011/06000/Assessment_of_Exposure_To_Electromagnetic_Fields.4.aspx)

**[RD1066-2001]** *Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre de 2001, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.*

<http://www.boe.es/boe/dias/2001/09/29/pdfs/A36217-36227.pdf>

**[Ritz-2004]** Ritz, T., Thalau, P., Phillips, J. B., Wiltshcko, R. and Wiltshcko, W. *Resonance effects indicate a radical-pair mechanism for avian magnetic compass.* Nature 429, 177-180 (2004).

Abstract: <http://www.nature.com/nature/journal/v429/n6988/full/nature02534.html?free=2>

**[Roosli-2007]** Rööslü M, Michel G, Kuehni CE, Spoerri A. *Cellular telephone use and time trends in brain tumour mortality in Switzerland from 1969 to 2002.* Eur. J. Cancer Prev. 16 (1): 77 - 82 (2007).

Abstract: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17220708>

**[Ros-Llor-2012]** Ros-Llor I, Sanchez-Siles M, Camacho-Alonso F, Lopez-Jornet P. *Effect of mobile phones on micronucleus frequency in human exfoliated oral mucosal cells.* Oral Dis 18 (8): 786 - 792 (2012).

Abstract: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22681456?dopt=Abstract>

**[Sancar-2010]** Sancar, A., Lindsey-Boltz, L. A., Kang, T. H., Reardon, J. T., Lee, J. H. and Ozturk, N. *Circadian clock control of the cellular response to DNA damage.* FEBS Lett, 584, 2618-2625, (2010)

Artículo completo: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2878924/pdf/nihms-187671.pdf>

**[Sambucci-2011]** Sambucci M, Laudisi F, Nasta F, Pinto R, Lodato R, Lopresto V, Altavista P, Marino C, Pioli C. *Early life exposure to 2.45GHz Wi-Fi-like signals: effects on development and maturation of the immune system.* Prog. Biophys. Mol. Biol. 107(3), 393-398 (2011).

Abstract: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21907730>

**[Sato-2011]** Sato Y, Akiba S, Kubo O, Yamaguchi N. *A case-case study of mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan.* Bioelectromagnetics 32 (2): 85 - 93 (2011).

Abstract: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21225885>

**[SCENIHR-2009]** *Health Effects of exposure to EMF, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), Comisión Europea, 19 de Enero de 2009.*

[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_022.pdf)

**[SCENIHR-2009b]** Health Effects and EMF - Research Recommendations "Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF", Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), 6 de Julio 2009.

[http://ec.europa.eu/health/archive/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_024.pdf](http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_024.pdf)

**[Schmidt-2011]** Schmidt LS, Schmiegelow K, Lahteenmaki P, Trager C, Stokland T, Grell K, et al. *Incidence of childhood central nervous system tumors in the Nordic countries.* Pediatr. Blood Cancer.56, 65-69 (2011).

Abstract: <http://lib.bioinfo.pl/paper:21108441>

**[Schüz-2011]** Schüz J, Steding-Jessen M, Hansen S, Stangerup SE, Caye-Thomasen P, Poulsen AH, Olsen JH, Johansen C. *Long-Term Mobile Phone Use and the Risk of Vestibular Schwannoma: A Danish Nationwide Cohort Study*. *Am J Epidemiol*. 174 (4): 416 – 422 (2011)

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21712479>

Artículo completo  
<http://aje.oxfordjournals.org/content/174/4/416.full.pdf+html>

**[Slovic-1987]** Slovic P., *Perception of risk*. *Science* 236 (4799), 280-285 (1987).

Abstract:  
<http://www.sciencemag.org/content/236/4799/280.abstract>

**[Solov'yov&Greiner-2012]** Solov'yov I. A, Greiner W. *Micromagnetic insight into a magnetoreceptor in birds: Existence of magnetic field amplifiers in the beak*. *Phys. Rev. E* 80, 041919 (2009).

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19905354>

**[Solov'yov&Schulten-2012]** Solov'yov, I. A. and Schulten, K. *Reaction kinetics and mechanism of magnetic field effects in cryptochrome*. *J Phys. Chem. B*, 116, 1089-1099 (2012).

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22171949>

**[Stewart-2012]** Stewart A, Rao JN, Middleton JD, Pearmain P, Evans T. *Mobile telecommunications and health: report of an investigation into an alleged cancer cluster in Sandwell, West Midlands*. *Perspect Public Health* 132 (6): 299–304 (2012)

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23111085>

**[Su-2012]** Su, L., Han, L., Ge, F., Zhang, S.L., Zhang, Y., Zhao, B.X., Zhao, J., Miao, J.Y. *The effect of novel magnetic nanoparticles on vascular endothelial cell function in vitro and in vivo*, *Journal of Hazardous Materials* 235-236,316-325 (2012)

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22902133>

**[Supelec-2006]** *Etude "RLAN et Champs électromagnétiques": synthèse des études conduites par Supélec*. Etude commandée par l'Autorité de Régulation des Communications électroniques et des Postes

[http://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gspublication/synth-etudesupelec-wifi-dec06.pdf](http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/synth-etudesupelec-wifi-dec06.pdf)

**[Swerdlow-2011]** Swerdlow AJ, Feychting M, Green AD, Kheifets L, Savitz DA. *Mobile phones, brain tumors and the Interphone study. Where are we now?* *Environ Health Perspect*. 119(11):1534-1538 (2011).

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22171384>

Artículo completo:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3226506/>

**[Teven-2012]** Teven CM, Greives M, Natale RB, Su Y, Luo Q, He BC, Shenaq D, He TC, Reid RR. *Differentiation of osteoprogenitor cells is induced by high-frequency pulsed electromagnetic fields*. *J Craniofac Surg*. 23(2), 586-593 (2012)

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22446422?dopt=Abstract>

**[Thompson-2003]** Thompson, C. L., Bowes Rickman, C., Shaw, S. J., Ebright, J. N., Kelly, U., Sancar, A. and Rickman, D. W. *Expression of the blue-light receptor cryptochrome in the human retina*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 44, 4515-4521 (2003).

Abstract:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14507900>

Artículo completo:  
<http://www.iovs.org/content/44/10/4515.long>

**[UE-1999]** RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO de 12 de julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0Hz a 300 GHz) (1999/519/CE)

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:199:0059:0070:ES:PDF>

**[UE-2004]** Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los

agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimoctava Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE), Diario oficial de las Comunidades Europeas 30.4.04, L159/1-L159/26.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:159:0001:0026:ES:PDF>

**[Zoltowski-2011]** Zoltowski, B. D., Vaidya, A. T., Top, D., Widom, J., Young, M. W. and Crane, B. R. Structure of full-length *Drosophila* cryptochrome. Nature 480, 396-399 (2011).

Abstract:

<http://www.nature.com/nature/journal/v480/n7377/abs/nature10618.html>

**[UE-2004b]** Corrección de errores de la Directiva 2004/40/CE (Diario Oficial de la Unión Europea L 159 de 30 de abril de 2004) Diario oficial de las Comunidades Europeas 24.5.04, L 184/1-L184/9.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:184:0001:0009:ES:PDF>

**[UE-2004c]** Corrección de errores de la Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo and del Consejo, de 29 de abril de 2004, (Diario Oficial de la Unión Europea L 159 de 30.4.2004). Versión corregida en el DO L 184 de 24.5.2004). Diario oficial de las Comunidades Europeas 4.8.07, L 204/29

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:204:0029:0029:ES:PDF>

**[UE-2011/348-(ES)]** Propuesta de DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad por lo que respecta a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) (XX Directiva específica a tenor del artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE)

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0348:FIN:ES:PDF>

**[UE-2011/348-Press Release(EN)]** Commission proposes to revamp rules to protect EU workers from harmful electromagnetic fields

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-11-704\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-704_en.htm)

**[Weber-2005]** Weber, S. Light-driven enzymatic catalysis of DNA repair: a review of recent biophysical studies on photolyase. Biochimica et Biophysica Acta 1707, 1-23 (2005).

Abstract:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15721603>





# Glosario y acrónimos

## Glosario

### Antígeno

Es una sustancia que desencadena la producción de anticuerpos y puede causar una respuesta inmunitaria. Son todas las sustancias que son reconocidas por el que se conoce como sistema inmunitario adaptativo.

### Apoptosis

Proceso que implica muerte programada y que acontece en numerosos tejidos de organismos multicelulares. Cursa con característicos cambios morfológicos y bioquímicos en las células, distintos de los que acontecen con la necrosis. La apoptosis está asociada, en muchos tejidos, con el control homeostático de los mismos.

### Biocompatibilidad

La capacidad de un material/dispositivos para interactuar con los tejidos vivos, sin causar daño biológicos como reacciones alérgicas e inmunitarias.

### Bluetooth

Estándar de transmisión inalámbrica de información para cortas distancias que permite la transmisión de voz y datos entre distintos dispositivos mediante un enlace que trabaja en la banda de radiofrecuencias de 2,4 GHz

### Calvarium

Es la parte superior del cráneo, está compuesto por los huesos: frontal, occipital, los parietales, los temporales, el esfenoides y el etmoides

### Campo eléctrico (E)

La intensidad de campo eléctrico es una magnitud vectorial (E) que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento en el espacio. Se expresa en voltios por metro (V/m).

### Campo electromagnético (CEM).

Un campo electromagnético es una combinación de un campo eléctrico y un campo magnético. Los CEM pueden ser estáticos, es decir, su magnitud no varía con el tiempo, o variables en el tiempo. Un campo electromagnético variable en el tiempo se puede visualizar como una onda que se propaga a la velocidad de la luz, y que lleva asociada un campo eléctrico y un campo magnético variables en el tiempo. Por ello, al hablar de CEM variables en el tiempo también se habla de ondas electromagnéticas o de radiación electromagnética. La onda transporta energía de un punto a otro del espacio y está caracterizada por su frecuencia y su longitud de onda. La frecuencia determina la energía que transporta la onda electromagnética. A mayor frecuencia más cantidad de energía transporta la onda. Dependiendo de la frecuencia, la radiación electromagnética se clasifica en ionizante y no ionizante

### Campo magnético (H)

La intensidad de campo magnético es una magnitud vectorial (H) que, junto con la inducción magnética (B), determina el campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios por metro (A/m).

### Carcinogénica

Substancia o agente que puede producir cáncer

### Carcinogénesis

Proceso por el cual se produce el cáncer.

### Carcinoma mucoepidermoide

El carcinoma mucoepidermoide es un tumor maligno poco frecuente, aunque la forma más común de cáncer de una glándula salival

### **Caveolina-1**

Tipo de proteína, integrante de las membranas plasmáticas y en ellas de las caveolas

### **Célula osteoprogenitora**

Células alargadas de citoplasma poco prominente, procedentes de células mesenquimatosas que forman una población de células troncales que se diferencian para dar lugar a osteoblastos

### **Célula endotelial**

Células que forman el endotelio

### **Célula eucariota**

Las células eucariotas son las que tienen núcleo definido gracias a una membrana nuclear

### **Citocina o citoquina,**

Proteína de bajo peso molecular que interviene de modo decisivo en los procesos de intercomunicación celular; las citocinas juegan un papel fundamental en el sistema inmune.

### **Citotóxico**

Que posee la capacidad de destruir células

### **Correlaciones fenotípicas,**

Las relaciones entre caracteres físicos o externos que dan cuenta de la eficiencia de los procesos de selección

### **Correlaciones genéticas,**

Las relaciones entre caracteres genéticos que se utilizan para valorar la eficiencia de la selección

### **Creatina quinasa**

Es una enzima expresada por varios tejidos y células.

### **Criptocromos**

Son una clase de fotorreceptores de luz azul de plantas y animales. Están involucrados en el ritmo circadiano de plantas y animales, y en la detección de campos magnéticos en algunas especies

### **Densidad de potencia (S)**

Potencia por unidad de área. Es la potencia radiante que incide perpendicular a una superficie, dividida por el área de la superficie, y se expresa en vatios por metro cuadrado ( $\frac{W}{m^2}$ ).

### **Drosophila melanogaster**

Drosophila melanogaster también llamada mosca del vinagre o mosca de la fruta, es una especie de díptero braquícero de la familia Drosophilidae

### **Endotelio**

Tejido formado por células aplanadas y dispuestas en una sola capa, que reviste interiormente las paredes de algunas cavidades orgánicas que no comunican con el exterior; como en la pleura y en los vasos sanguíneos.

### **Estudio caso –control**

Un estudio caso-control examina un grupo de personas que presentan el evento (cáncer u otra patología), denominados 'casos', y los compara con otro grupo de personas, seleccionado por el investigador, que no presentan dicho evento, denominados 'controles'. Para realizar el análisis es necesario determinar (retrospectivamente) cuántas personas de cada grupo y en qué medida estuvieron expuestas al factor de riesgo analizado.

### **Estudio clínico**

Tipo de estudio en el que los sujetos son sometidos al factor de riesgo de modo controlado por el investigador

### **Estudio de cohortes**

En un estudio de cohortes, se define una muestra de estudio ('cohorte') compuesta por un grupo de individuos sanos cuya exposición o no al factor de riesgo durante el estudio es conocida, y se la sigue prospectivamente en el tiempo para determinar en cuántos casos ocurre el evento adverso.

### **Estudio in vitro**

Estudio realizado fuera de los organismos, ex vivo, en condiciones que pretenden mimetizar aquellas fisiológicas que suceden in vivo

### **Estudio in vivo**

Estudio realizado directamente en animales, incluido el hombre, vivos o sacrificados para estudiar directamente los procesos que ocurren.

### **Eurobarómetro**

Encuestas llevadas a cabo de forma periódica por la Comisión Europea desde 1973 para conocer la opinión pública de cada uno de los Estados Miembros. Las encuestas del Eurobarómetro analizan temas de interés para los ciudadanos europeos como, por ejemplo, la situación social y económica, salud, cultura, tecnología, medio ambiente, entre otros. etc.

[http://ec.europa.eu/public\\_opinion/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/public_opinion/index_en.htm)

### **Fagocito**

Célula que protege al organismo mediante ingestión de partículas extrañas dañinas, bacterias, células muertas o en proceso de muerte

### **Fantomos**

Objeto físico que simula un objeto biológico real. Se utiliza para determinar la energía absorbida de la radiación electromagnética a la que está expuesto. Sus características eléctricas son iguales a las del modelo biológico que representa.

### **Fibroblasto**

El fibroblasto es un tipo de célula residente del tejido conectivo

### **Fosforilación**

Es la adición de un grupo de fosfato inorgánico a cualquier otra molécula.

### **Frecuencia (f)**

Número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico. En el caso de las ondas electromagnéticas, la frecuencia está relacionada con la energía que transporta la onda,  $E = h \cdot f$ , donde  $E$  es la energía y  $h$  la constante de Planck. Los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF) tienen una frecuencia comprendida entre los 30 kHz y 300 GHz.

### **Hipersensibilidad electromagnética**

Conjunto de síntomas inespecíficos (dolor de cabeza, mareos, desorientación, fatiga, insomnio, entre otros) que algunas personas afirman sentir y que atribuyen a la presencia de campos electromagnéticos.

### **Histología**

Histología es la ciencia que estudia todo lo relacionado con los tejidos orgánicos.

### **Glándula parótida**

Una de las glándulas salivares

### **Gliomas**

Tipo de tumor que se produce en el cerebro o en la médula espinal. Se llama glioma, ya que surge a partir de células gliales. Su ubicación más frecuente es el cerebro

### **Genotóxicos**

Agentes físicos, químicos o biológicos que directa o indirectamente inducen alteraciones en el ADN de las células

### **Interleucina-2**

La IL-2 (interleucina-2) es una proteína componente de las citocinas del sistema inmune

### **Leucemia**

Grupo de enfermedades malignas de la médula ósea (cáncer hematológico) que provoca un aumento incontrolado de leucocitos o glóbulos blancos.

### **Linfocito**

Tipo de leucocito (glóbulo blanco). Son células circulantes del sistema inmunitario que reaccionan frente a materiales extraños y son de alta jerarquía en el sistema inmunitario, principalmente encargadas de la inmunidad específica o adquirida.

### **Macrófagos**

Células del sistema inmunitario que proceden de los monocitos. Los macrófagos son fagocitos

### **Mecanismo fisiopatológico**

Vía o método que explica cómo se produce un daño en las funciones celulares.

### **Melanoma Ocular**

Es un tipo de cáncer que se desarrolla en las células que producen pigmento, la sustancia que da color a la piel, el cabello y los ojos.

### **Meningiomas**

Tumor benigno de las células aracnoideas de las meninges del cerebro.

### **Microfluidica**

La microfluidica estudia el comportamiento de fluidos en la micro escala, así como la ingeniería de diseño, simulación, y la fabricación de los dispositivos fluidicos para el transporte, distribución y manejo de fluidos en el orden del microlitros o más pequeños volúmenes.

### **Mitógenos**

Son factores que actúan en el ciclo celular estimulando la división celular.

### **Monocitos**

Tipo de glóbulos blancos. Los monocitos son fagocitos.

### **Murino**

Los murinos (Murinae) son una subfamilia de roedores miomorfos perteneciente a la familia Muridae, que incluye a los comúnmente llamados ratones y ratas del viejo mundo.

### **Necrosis**

Es un tipo de daño celular que produce a la muerte prematura, no programada, de las células de un tejido vivo. Es la muerte patológica de un conjunto de células provocada por un agente nocivo que causa una lesión tan grave que no se puede reparar o curar.

### **Neurinoma del acústico**

Es un tumor, benigno, de crecimiento lento del nervio que conecta el oído al cerebro

### **Niveles de referencia**

Valores de magnitudes físicas de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia que se utilizan como guía general para limitar la exposición de los trabajadores y del público en general. El cumplimiento de los niveles de referencia asegura el cumplimiento de las restricciones básicas en la exposición.

### **Ondas electromagnéticas, véase CEM (Campos electromagnéticos)**

### **Periodo de latencia**

Intervalo de tiempo que transcurre desde que se inicia el tumor a nivel celular hasta que presenta síntomas detectables.

### **Proteínas morfogenéticas**

Son factores de crecimiento que pertenecen a la familia de los factores de crecimiento transformantes TGF-beta ( TGF- $\beta$  ), una familia de proteínas con la capacidad de inducir la formación de hueso nuevo, cartílago y tejido conjuntivo.

### **Radiación electromagnética, véase CEM (Campos electromagnéticos)**

### **Radiación no ionizante**

Campos electromagnéticos sin la energía suficiente para romper enlaces en moléculas o arrancar electrones de la materia sobre la que incide. El rango de frecuencias de este tipo de radiaciones se extiende aproximadamente desde baja frecuencia al ultravioleta.

### **Ratones BALB**

Son ratones de laboratorio inyectados con cepas BALB/c, cepas que generan tumores, y que son útiles en la investigación en diferentes tipos de cáncer e inmunología.

### **Restricción básica**

Son las restricciones en los valores de campo magnético, densidad de corriente, densidad de potencia y SAR, basadas en datos científicos actuales que proporcionan un adecuado nivel de protección a la exposición de campos electromagnéticos variables con el tiempo, es decir basadas directamente en los efectos sobre

la salud conocidos y en consideraciones biológicas.

### **Ritmos circadianos**

Los ritmos circadianos constituyen el reloj biológico humano que regula las funciones fisiológicas del organismo para que sigan un ciclo regular que se repite cada 24 horas.

### **Sesgo**

Toda desviación de la verdad que se produce en los resultados o en la inferencia de estos, o los procesos que producen tal desviación.

### **Síntomas prodrómicos**

Síntomas que pueden ser la primera indicación del comienzo de una enfermedad antes de que aparezcan los síntomas específicos.

### **Sistemas microfluídicos**

Sistemas/dispositivos en los que se utilizan cantidades muy pequeñas de fluido, del orden del microlitro o inferior.

### **Tasa de absorción específica de energía (SAR)**

Es la potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal, cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste, y se expresa en vatios por kilogramo (W/kg). El SAR de cuerpo entero es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos adversos con la exposición a las emisiones radioeléctricas.

### **Valores límite de exposición**

Los límites de la exposición a campos electromagnéticos basados directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. El cumplimiento de estos límites garantizará que los trabajadores expuestos a campos electromagnéticos estén protegidos contra todo efecto nocivo conocido para la salud.

### **Valores de acción o valores que dan lugar a una acción**

el nivel de los parámetros directamente medibles, expresados en términos de intensidad de campo eléctrico (E), intensidad de campo magnético (H), densidad de flujo magnético o inducción

magnética (B) y densidad de potencia (S), ante el cual deben tomarse una o más de las medidas especificadas en la Directiva 2004/40/CE [UE-2004]. El respeto de estos valores garantizará la conformidad con los correspondientes valores límite de exposición.

### **WhatsApp**

Software multiplataforma de mensajería instantánea para teléfonos inteligentes.

### **Wi-Fi**

Es un término registrado por Wi-Fi Alliance. No es un término técnico. Se emplea genéricamente para indicar tecnologías de conexión inalámbrica en un rango estrecho de frecuencias.

## Acrónimos

### AENOR

Asociación Española de Normalización y Certificación.

<http://www.aenor.es>

Esta agencia ha surgido como consecuencia de la fusión de las agencias francesas, AFSSET y AFSSA. Ha empezado a operar el 1 de Julio de 2010.

<http://www.anses.fr>

### ADN

Ácido desoxirribonucleico

### ATP

Adenosín trifosfato

### ADP

Adenosín difosfato

### CCARS

Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid)

<http://www.ccars.es>

### AM

Amplitud modulada

### ANFR

Agence Nationale des Fréquences, France

Agencia Nacional de frecuencias, Francia

<http://www.anfr.fr>

### CEM

Campo electromagnético

### AFSSA (véase ANSES)

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentaria

### CEN

Comité Européen de Normalisation, European Committee for Standardization

Comité Europeo de Normalización.

<http://www.cen.eu>

### AFSSET (véase ANSES)

Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria del Medio Ambiente y del Trabajo.

### CENELEC

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, European Committee for Electrotechnical Standardization

Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.

<http://www.cenelec.eu>

### ANSES

Agence Nationale de la Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail, France

Agencia Nacional de la Seguridad Sanitaria de la Alimentación, del Medio Ambiente y del Trabajo (Francia).

### CIEMAT

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.

<http://www.ciemat.es>



#### **DCS**

Digital Cellular System  
Sistema Celular Digital

#### **DECT**

Digital Enhanced Cordless Telecommunications  
Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente.

#### **EFHRAN**

European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure.  
Red Europea para la Evaluación de los Riesgos para la Salud por la Exposición a Campos Electromagnéticos.  
<http://efhran.polimi.it>

#### **ETSI**

European Telecommunications Standards Institute  
Instituto Europeo de Normalización de Telecomunicaciones.  
<http://www.etsi.org>

#### **FM**

Frecuencia modulada

#### **FOPH**

Federal Office of Public Health, Switzerland  
Oficina Federal de Salud Pública, Suiza  
<http://www.bag.admin.ch>

#### **GSM**

Groupe Special Mobile  
Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.

#### **HC**

Health Canada  
Departamento de Salud de Canadá  
<http://www.hc-sc.gc.ca>

#### **HCN**

The Health Council of the Netherlands  
Consejo de Salud de Holanda  
<http://www.gezondheidsraad.nl>

#### **HPA**

Health Protection Agency, U.K.  
Agencia de Protección de la Salud, Reino Unido  
<http://www.hpa.org.uk>

#### **IARC**

International Agency for Research on Cancer  
Agencia Internacional de Investigación en Cáncer.  
Es parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS)  
<http://www.iarc.fr>

#### **ICNIRP**

International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection  
Comisión Internacional para la Protección frente a las Radiaciones no Ionizantes  
<http://www.icnirp.de>

#### **IEC**

International Electrotechnical Commission  
Comisión Internacional en Electrotécnica  
<http://www.iec.ch>

#### **IEEE**

Institute of Electrical and Electronics Engineers  
Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos.  
<http://www.ieee.org>

#### **MIEyT**

Ministerio de Industria, Energía y Turismo  
<http://www.minetur.gob.es>

#### **NIPH**

The Norwegian Institute of Public Health, Norway  
Instituto Noruego de Salud Pública, Noruega  
<http://www.fhi.no>

#### **NRPA**

Norwegian Radiation Protection Authority  
Autoridad Noruega de Protección frente a la Radiación  
<http://www.nrpa.no>

#### **OMS**

Organización Mundial de la Salud  
<http://www.who.int/es>

#### **RF**

Radiofrecuencia

#### **RFID**

Radio Frequency IDentification  
Identificación por radiofrecuencia

#### **SAR**

Specific Absorption Rate  
Tasa de Absorción Específica de energía.

#### **SCENIHR**

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, European Commission  
Comité Científico sobre los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados, Comisión Europea  
[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/index_en.htm)

#### **SCCS**

Scientific Committee on Consumer Safety  
Comité Científico para la seguridad de los consumidores  
[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/consumer\\_safety/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/index_en.htm)

#### **SCHER**

Scientific Committee on Health and Environmental Risks  
Comité Científico de los Riesgos Sanitarios y Medioambientales  
[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/environmental\\_risks/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/index_en.htm)

#### **SCENIHR**

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks  
Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados  
[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/index_en.htm)

#### **SETSI**

Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI)

#### **SMS**

Short Message Service

#### **SSM**

Swedish Radiation Safety Authority, Suecia  
Autoridad Sueca para la Seguridad frente a la Radiación  
<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se>

#### **SUPELEC**

Ecole Supérieure d'Electricité, France  
Escuela Superior de Electricidad, Francia  
<http://www.supelec.fr>

#### **TM**

Telefonía móvil

**TSCE**

*total cumulative specific energy*

*energía específica total acumulada*

**TV**

*Televisión*

**UMTS**

*Universal Mobile Telecommunications System*

*Sistema universal de telecomunicaciones móviles*

**WHO**

*World Health Organization*

*Organización mundial de la Salud (OMS)*

**WiMAX**

*Worldwide Interoperability for Microwave Access*

*Interoperabilidad mundial para acceso por  
microondas*

**WLAN**

*Wireless Local Area Network*

*Red Inalámbrica de Área Local*



## Composición del CCARS

### Presidente

---

#### Prof. Emilio Muñoz Ruiz

---

Presidente del Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud.

Biólogo, Licenciado y Doctor en Farmacia por la Universidad Complutense de Madrid. Profesor de Investigación “ad honorem” en el Instituto de Filosofía, Centro de Ciencias Humanas y Sociales del CSIC.

Miembro de la Academia Europea de Ciencias y Artes, Miembro de la Organización Europea de Biología Molecular (EMBO), Miembro de la Academia Sueca de Ciencias de la Ingeniería.

### Miembros

---

#### Prof. Ricardo de Ángel Yagüez

---

Catedrático de Derecho Civil en la Universidad de Deusto. Vocal permanente de la Comisión General de Codificación.

#### Prof. Jesús Ávila de Grado

---

Químico, Licenciado y Doctor en CC. Químicas por la Universidad Complutense de Madrid. Profesor de Investigación del CSIC en el Centro de Biología Molecular “Severo Ochoa”. Miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

#### Dra. Patricia Crespo del Arco

---

Física, Licenciada y Doctora en CC. Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Profesor Titular de la Universidad Complutense de Madrid en el Departamento de Física de Materiales, Facultad de Ciencias Físicas.

Secretaría Ejecutiva CCARS

#### Prof. Vicente Larraga Rodríguez de Vera

---

Médico. Doctor en Medicina y Cirugía por la Facultad de Ciencias, por la Universidad Complutense de Madrid.

Profesor de Investigación y Director del Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC.

### Prof. Rafael Peris Bonet

---

Médico, Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Valencia.

Catedrático de documentación Médica de la Universidad de Valencia y Director del Registro Nacional de Tumores Infantiles RNTI-SEHOP).

### Dra. Marina Pollán Santamaría

---

Médico, Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad Autónoma de Madrid

Jefa de Servicio de Epidemiología del Cáncer en el Área de Epidemiología Ambiental y Cáncer del Centro Nacional de Epidemiología (Instituto de Salud Carlos III).

### Prof. Carlos María Romeo Casabona

---

Doctor en Derecho, Diplomado Superior en Criminología y Doctor en Medicina. Catedrático de Derecho Penal en la Universidad del País Vasco.

Director de la Cátedra Interuniversitaria Diputación Foral de Bizkaia de Derecho y Genoma Humano, Universidad de Deusto y Universidad del País Vasco.

### Prof. José Luis Sebastián Franco

---

Físico, Licenciado en CC. Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, Doctor por la Universidad de Surrey.

Catedrático de Electricidad y Magnetismo en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

### Dr. Francisco Vargas Marcos

---

Médico, Licenciado en Medicina y Cirugía por la Universidad Complutense de Madrid

Funcionario de Carrera del Cuerpo de Médicos Asistenciales de Sanidad Nacional.

### Prof. Agustín Gregorio Zapata González

---

Biólogo, Doctor en Ciencias Biológicas.

Catedrático de Biología Celular en la Universidad Complutense de Madrid.

