

# Telefonía celular y el cáncer, un debate científico-tecnológico- público

*Cell phones and cancer, a scientific-  
technological public discussion*

**Yamile Uribe Valencia**

Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y la Tecnología  
Universidad de Salamanca  
yuribe15@gmail.com

Fecha de aceptación definitiva: 10-marzo-2014

## **Resumen**

Este artículo trata sobre el debate científico-tecnológico-público, en Europa y Estados Unidos, debido a los efectos producidos por las Radio Frecuencias emitidas por estaciones base de telefonía móvil sobre la salud pública. Este conflicto se mantiene vigente debido a las evidencias presentadas por cada uno

## **Abstract**

*This article refers to the scientific-technological-public debate, in Europe and the United States, about the effects of the radio frequencies emitted by the stations of mobile phones over public health. This conflict is still valid, because of the different evidences presented by each of the contenders.*

de los contendientes, tanto del lado de la física, electricidad y telecomunicaciones como de los médicos, biólogos y epidemiólogos quienes a través de estudios epidemiológicos, in vivo e in vitro, pretenden establecer una relación causal entre la tecnología de telefonía móvil y la salud pública. Por otra parte analizaremos la percepción pública del riesgo de esta tecnología, el papel de los organismos de regulación y la influencia de los expertos en la toma de decisiones políticas. Finalmente, se hará especial hincapié en el valor que tienen las evidencias ante la comunidad científica de cada uno de los opositores.

**Palabras clave:** controversia, salud, público, riesgos.

*Those contenders are, on one hand, the physics, and on the other hand, the doctors, biologists and epidemiologists, who try to establish a cause-effect relationship between the technology of mobile phones and the affectation of public health, through several researches. Also, it is important the analysis of the public perception of the risks of this technology, and the roll of the regulation entities and experts in the adoption of public policies in these matters. Finally, it is significant to explain how the evidences are interpreted by each of the contenders.*

**Keywords:** *controversy, health, public, risk.*

## 1. Introducción

Los desarrollos tecnocientíficos surgen como producto del arduo trabajo de investigadores y científicos con el fin de mejorar las condiciones de vida de la humanidad y también para favorecer el desarrollo económico de la industria global. Pero no todo suele ser color de rosa, muchos de estos desarrollos han logrado perturbar la tranquilidad y la seguridad humana, tanto que se han convertido en verdaderas amenazas en contra de la salud pública.

El hogar, la oficina, las instituciones de educación y en general todo nuestro entorno, se encuentra rodeado de cientos de artefactos, creados para satisfacer las necesidades del hombre, sin embargo, ante el uso de estos artefactos, pueden ser planteadas diversas dudas, como ¿qué tan seguros pueden ser estos artefactos?, ¿en realidad el objeto de su existencia trae solo beneficios a sus usuarios? ¿Se han considerado otros efectos fuera de los esperados? El común denominador de las personas no suele hacerse

estas preguntas al adquirir un nuevo producto o servicio, y aunque siempre estemos tratando de establecer una relación causa-efecto, y considerando que las anteriores interrogantes no constituyen preguntas acerca de relaciones causales, estas pueden ser relegadas para ser respondidas en el ámbito científico. De esta manera, el saber qué efectos adicionales producen los desarrollos tecnológicos suele ser promovido por entidades reguladoras hacia la comunidad científica, cuya tarea se concentra en evaluar los riesgos asociados a las tecnologías y posteriormente responder en forma inequívoca a la probabilidad de causalidad de algún efecto secundario.

Es innegable que a raíz de los impactos naturales como el calentamiento global o la contaminación ambiental, la forma de pensar de nuestras sociedades ha sufrido un cambio, por tanto entramos en un proceso autorreflexivo causado por los riesgos autogenerados como consecuencia del desarrollo tecno-científico que en cierta forma ha contribuido al proceso de la degradación ambiental antes mencionada (Rodríguez, 2000, 607). La percepción de confianza hacia los desarrollos científicos y tecnológicos ha ido disminuyendo en el tiempo, sobre todo, a partir de los años ochenta, al haber sido testigos de accidentes con impactos negativos graves, tanto para el medio ambiente como para la población, tal es el caso del accidente nuclear de Chernobyl hace más de 25 años, lo que nos hace replantearnos la racionalidad de la tecnociencia, incapaz de proyectar con mayor precisión los posibles riesgos de los desarrollos.

la promesa de seguridad crece con los riesgos y ha de ser ratificada una y otra vez frente a una opinión pública alerta y crítica [...] (Beck, 1986, 11).

Los expertos trabajan para disminuir la incertidumbre, pero tanto los modelos de evaluación de riesgos como las metodologías utilizadas para la obtención de resultados de investigaciones, o suelen ser muy complejos, o no son aceptados entre las comunidades de expertos, por lo cual se abre una controversia en el interior de la comunidad científica, de compleja resolución y clausura, provocando debates notables entre los grupos de científicos.

En la resolución o clausura de una controversia científica, tan importante es la evidencia presentada como los métodos utilizados en la obtención de la misma. Para el caso que nos ocupa nos encontramos con un grupo de expertos del área de la física, la electricidad y telecomunicaciones

representados por la IEEE<sup>1</sup>, ICNIRP<sup>2</sup> de la OMS, los cuales aseguran la inocuidad de las radiofrecuencias (RF) producidas por las estaciones base de telefonía móvil, versus un grupo de científicos del área de la biología, medicina y epidemiología representados por organismos como Bioinitiative Working Group que sustentan las probables incidencias de estas RF en la salud pública; sus evidencias se encuentran disponibles en distintas revistas científicas y en informes internacionales como el generado por el proyecto REFLEX<sup>3</sup>.

En este artículo veremos cómo por la valoración de las evidencias presentadas por los grupos de expertos en disputa y los movimientos sociales organizados, impulsados por la retórica moral del bien y del mal se genera una controversia científico-tecnológica-pública (Nelkin, 1994; Engelhardt; Caplan, 1987, 283).

Observaremos que las evidencias presentadas por los dos grupos de expertos no son aceptadas por sus respectivos opositores, ya que nos encontramos ante dos tipos de evidencias, las presentadas por biólogos, epidemiólogos y médicos y las presentadas por los físicos, ingenieros electricistas y de comunicaciones. Los primeros se han valido de estudios epidemiológicos, in vitro e in vivo para demostrar una relación causal entre RF y cáncer pero no logran convencer a la comunidad de expertos a favor de la tecnología, ya que los resultados o meta-análisis son presentados con ciertos niveles de variación, generando el rechazo en la exposición de una relación causal, lo cual a su vez, ocasiona un nivel de desconfianza ante el grupo que se opone al uso de esta tecnología.

1. IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Asociación profesional dedicada al avance de la innovación tecnológica y excelencia en beneficio de la humanidad. Actualmente posee cerca de 400.000 miembros en más de 160 países; el 45% proceden de países diferentes a los Estados Unidos.

2. ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Es una comisión científica independiente creada por la Asociación Internacional de Protección contra la Radiación (IRPA) para fomentar la protección contra la radiación no ionizante (RNI) en beneficio de las personas y del medio ambiente. Proporciona orientación científica y recomendaciones sobre protección contra la exposición a RNI, elabora directrices y límites internacionales de exposición a RNI independientes y con fundamento científico y representa a los profesionales de la protección contra la radiación de todo el mundo mediante su estrecha relación con la IRPA. La ICNIRP es la organización no gubernamental oficialmente reconocida por la OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para asuntos relativos a RNI. Esta comisión está conformada por un grupo de expertos multidisciplinar de diferentes países (Suecia, Australia, Finlandia, EE. UU, Filipinas, Austria, Reino Unido, Países Bajos, Francia).

3. REFLEX: («Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards from Low Energy Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive in vitro Methods», Proyecto Reflex UE, 2004).

Hasta el momento los físicos tienen a su favor resultados oficiales de estudios que demuestran la inocuidad de esta tecnología, como el estudio epidemiológico INTERPHONE<sup>4</sup> y las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo los biólogos, epidemiólogos y médicos siguen realizando sus investigaciones y publicando resultados sobre la incidencia de las RF en los humanos, lo que hace que se mantenga viva esta controversia y alerta a los grupos de activistas, los medios de comunicación, instituciones de control y el público en general que esperan una respuesta en pro de resolver esta disputa.

## 2. El sistema de comunicación celular

Una red de comunicación celular, requiere de una tecnología denominada telecomunicaciones radioeléctricas, la cual se propaga a través de la atmósfera terrestre y se vale de ondas electromagnéticas, y microondas para cumplir con su misión. Un sistema de comunicación celular está compuesto por artefactos inalámbricos o teléfonos portables, una central de comunicaciones y unas estaciones base que conforman una red de transmisión a base de antenas de radiofrecuencias.

Los usuarios, tienen a disposición un teléfono móvil que en realidad es una radio, una radio altamente sofisticada, un artefacto que utiliza dos frecuencias para la comunicación, es por ello que a diferencia del walkie-talkie, dos personas pueden hablar al mismo tiempo, entonces para establecerse un contacto con otro usuario, al iniciarse la marcación se produce una conexión con la estación base más cercana, esta a su vez transmite una señal a la central de comunicación ya sea fija o de telefonía móvil según sea el caso y luego al usuario receptor. En resumidas cuentas las estaciones base, objeto de este trabajo son aquellos dispositivos de la red de comunicaciones que permiten establecer la comunicación entre usuarios y cuyo direccionador es la central de comunicaciones.

4. INTERPHONE: estudio coordinado por la International Agency for Research on Cancer (IARC) de la OMS, llevado a cabo en 1988 y 1999 en catorce países, cuyo objetivo era investigar acerca de los riesgos asociados al uso de la telefonía móvil. Los resultados se encuentran publicados en el *Journal of Epidemiology*. Disponible en: <http://www.iarc.fr/en/research-groups/RAD/RCAAd.html>.

Para lograr una eficiente comunicación entre los teléfonos celulares estas antenas de radiofrecuencia o estaciones base deben estar ubicadas de tal manera que se puedan interconectar entre sí. Para ello es necesario dividir la ciudad o región por sectores o células en forma de hexágono (de ahí el nombre cellphone), cada célula deberá poseer una estación base que garantice una cobertura total para la interconexión de los usuarios.

Como se explica anteriormente, para lograr la eficiencia de las comunicaciones se hace necesario dividir las regiones geográficas por sectores o células equipadas de una estación base. Es por ello que nos encontramos frecuentemente con este tipo de antenas en nuestros itinerarios diarios, forman parte de nuestro entorno y convivimos con ellas, tanto que existen en el mundo cerca de 1,4 millones de estaciones base y esta cifra va aumentando considerablemente dada la introducción de la tecnología de tercera generación.

En razón a la demanda creciente del servicio de telefonía celular ya son millones de personas los usuarios de esta tecnología. En promedio personas desde los 5 a los 80 años, hacen uso constante de estos aparatos, la media española<sup>5</sup> de hogares con telefonía es del 97%. De cada 100 habitantes, 90 tienen teléfono móvil, de cada 100 hogares, 83 tienen al menos 1 teléfono móvil. La introducción de telefonía móvil en los hogares españoles de mínimo 4 miembros es de 95%, hogares de 3 miembros coinciden en el 91% y la de los hogares de 2 y 1 miembro 67 y 58%. Al menos 83 de cada 100 hogares españoles poseen contratos de telefonía móvil. Esto simplemente demuestra que un número considerable de personas son usuarios de telefonía celular, lo que requiere una gran inversión en equipamiento de tecnología para dar cubrimiento a la demanda creciente del mercado.

5. Véase Ministerio de Industria y Comercio: Informe de Indicadores comparados de servicios de telecomunicación, 2005. Disponible en: <http://www.mityc.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/Telecomunicaciones/Sociedad%20de%20la%20informacion%20y%20Telecomunicaciones/3I%20Telefonia.pdf>.

### 3. Las radiofrecuencias y la salud

Las estaciones base son elementos indispensables para lograr una comunicación integral y eficiente, estas permiten la transmisión de datos, voz y video. El uso de esta tecnología emite en su funcionamiento Radio Frecuencias RF, producidas por la propagación de campos electromagnéticos CEM. En la medida en que crece el número de usuarios se incrementa el número de estaciones base, ya que cada una soporta un número determinado de usuarios, trayendo como consecuencia un aumento en la exposición humana a las RF.

Las ondas electromagnéticas siempre están interactuando con los sistemas biológicos y están determinadas por la intensidad del campo y por la cantidad de energía de cada fotón. Según sea su frecuencia las radiaciones pueden ser ionizantes<sup>6</sup> y no ionizantes<sup>7</sup> (ver Tabla 1).

La absorción de RF por parte del organismo, está determinada por la unidad de masa de tejido, conductividad térmica e irrigación, esto quiere decir que la cantidad de energía que puede absorber un órgano depende de estas variables. Por otro lado, los efectos de las RF también dependen de su frecuencia (ver Tabla 2), entre 1 MHz y 10 GHz hay penetración de radiación en los tejidos, ocasionando calentamiento a causa de la absorción de energía, ya que estas frecuencias solamente alcanzan calentamientos a nivel cutáneo, cuanto mayor es la frecuencia menor es la penetración de las RF, y ya que el calentamiento se produce a nivel interno, en la mayoría de las ocasiones es imperceptible. Si la energía recibida por RF es muy baja, el sistema de autorregulación humana activa sus mecanismos de regulación térmica hasta obtener la temperatura natural corporal ( $< 1^{\circ}\text{C}$ ). En cuanto a consecuencias posibles, las RF por encima de 10GHz pueden causar quemaduras cutáneas (Grande y Úbeda, 2010, 55 y 56).

6. Las radiaciones ionizantes corresponden a señales electromagnéticas de frecuencias muy altas como los rayos gamma y los rayos X, la energía que producen estos rayos son lo suficientemente altos para romper enlaces atómicos y dividir las moléculas en iones positivos y negativos (ionización).

7. Las radiaciones no ionizantes corresponden a aquellas porciones del espectro electromagnético con energía bastante débil, no alcanza a romper las uniones atómicas, ni siquiera las RNI más altas podrían romper estas estructuras atómicas. A esta clase de radiaciones pertenecen los Rayos UV, la luz visible, rayos infrarrojos, radiofrecuencias (RF) y microondas (MW) y las radiofrecuencias más bajas (ELF).

Tabla 1.  
*Campos y frecuencias (Rangos del espectro RF)<sup>8</sup>*

RANGO	FRECUENCIA	FUENTES EMISORAS
VLF	3 kHz a 30 kHz	Antenas de radionavegación y radiodifusión modulada, monitores de ordenador y sistema antirrobo.
LF	30 kHz a 300 kHz	Pantallas y monitores, antenas de radiodifusión, comunicaciones marinas y aeronáuticas, radiolocalización.
IF	300 kHz a 3 MHz	Radiotéfonos marinos, radiodifusión AM, termoselladoras, hornos MW.
HF	3 MHz a 30 MHz	Antenas de radioaficionados, termoselladoras, aparatos para diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo.
VHF	30 MHz a 300 MHz	As de estaciones Antenas de radiodifusión, frecuencia modulada, antenas de televisión, sistemas antirrobo.
UHF	300 MHz a 3 GHz	Teléfonos móviles, antenas de estaciones base de telefonía móvil, hornos MW, aparatos diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo.
SHF	3 GHz a 30 GHz	Antenas de comunicación vía satélite, radares, enlaces por microondas.
EHF	30 GHz a 300 GHz	Antenas de radionavegación avanzadas, radares y antenas de radiodifusión.

Tabla 2.  
*Efectos de exposiciones por radiofrecuencias<sup>9</sup>*

FRECUENCIA	EFEITOS
> 10 GHz	Baja penetración. Máxima absorción de energía a nivel dérmico. Posibilidad de quemaduras.
300 MHz - 10 GHz	Incrementa la penetración en los tejidos.
30 - 300 MHz	«Rango de resonancia»; longitud de onda del rango de la autonomía humana ⇒ límites de exposición más restrictivos.
Hasta 30 MHz	Alta penetración de tejidos. Distribución heterogénea de la potencia absorbida.

8. Esta relación ha sido tomada de la obra de HERNANDO GRANDE, Antonio y ÚBEDA MAESO, Alejandro: *Radiofrecuencias y Salud*. Antonio Hernando Grande: Doctor de la Universidad Complutense de Madrid, 1974, catedrático de magnetismo de la materia, actualmente director del Instituto de Magnetismo Aplicado. Catedrático BBV Cambridge, galardonado con el premio CEOE de ciencias. Miembro de la Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, premio de investigación «Miguel Catalán», Madrid (2006), Premio Dupont de la Ciencia 2008. Radiofrecuencias y Salud. Alejandro Úbeda Maeso. Doctor en Biología, postdoctorado en Biofísica (US Environmental Protection Agency), miembro del Board of Director de la European BioElectromagnetics Association y miembro de la Junta directiva de la Sociedad Española de protección Radiológica. Radiofrecuencias y Salud.

9. Del libro *Radiofrecuencias y Salud* (Antonio Hernando Grande y Alejandro Úbeda Maeso).



## 4. Controversia científica

En la actualidad, en diferentes contextos sociales, la ciencia ha dado lugar a una gran cantidad de controversias en las que intervienen no solo actores científicos sino también actores sociales, generando situaciones cada vez más polémicas, las cuales tienen profundas implicaciones sociales, políticas y económicas. Por otro lado, la frecuencia con la que se presentan los desacuerdos públicos entre expertos técnicos, científicos o médicos, es cada vez mayor.

Podríamos definir una controversia como un desacuerdo que persiste sobre el conocimiento científico, esto incluye tanto el contenido de los conocimientos, como las reclamaciones sobre hechos y teorías, e inclusive la metodología sobre cómo se lleva a cabo el proceso de investigación, la cual puede ser también cuestionada (Richards; Evelleen en Jasanoff, 1990, 507).

Las diferencias entre las comunidades de científicos siempre han estado presentes, por ejemplo la teoría de la evolución de Darwin o el desarrollo del ferrocarril dieron lugar a grandes debates sociales en el siglo XIX. Los debates han ido incrementándose considerablemente en los últimos 30 años y han cobrado mayor fuerza a causa de los efectos producidos por los desarrollos tecnocientíficos. Desde ciertos puntos de vista, las controversias han sido consideradas errores deliberados en el seguimiento y cumplimiento del método científico, pero a su vez, estas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del conocimiento, ya que en la sucesión de la controversia, se presentan diversas situaciones enriquecedoras, tales como contrastación de hipótesis y teorías, análisis y revisiones de datos, hechos, diseños experimentales (Aibar, 2002, 108).

Es necesario resaltar el hecho de que una controversia no se da solamente entre dos científicos en desacuerdo, ya que para que se establezca como tal, debe involucrar un debate sustentado entre varios participantes de la comunidad científica (MacMullin, 1987, 55), es decir un número considerable de personas debe estar investigando al mismo tiempo sobre el mismo tema de la disputa para que de esta forma, y haciendo a un lado el contenido del desacuerdo, la comunidad científica comparta la posición de que el tema debe ser tratado y que los argumentos son legítimos. Esta legitimidad de los argumentos se encuentra sustentada en los datos proporcionados, no basta con que un científico afirme no estar de acuerdo con una posición determinada para que se dé el estado de la controversia, sino que

es necesario que los científicos reúnan suficiente evidencia para sustentar sus argumentos.

Se pueden establecer dos tipos de controversias, las controversias científicas en sentido estricto y las controversias científicas tecnológicas públicas (CCTP). Las controversias de orden científico son aquellas cuyos actores (generalmente dos comunidades de expertos) se encuentran al nivel de la ciencia normal, y el debate se encuentra usualmente focalizado en universidades, centros de investigación, foros especializados y publicaciones científicas. Una característica especial de este tipo de controversia es que los consensos se logran a este mismo nivel. Por otro lado, las CCTP se desarrollan en ámbitos donde los científicos afrontan situaciones desconocidas, por ignorancia, por incertidumbre, por indeterminación o por la complejidad de los sistemas involucrados. Adicionalmente intervienen situaciones como la urgencia en la resolución de los problemas, la presión de los medios de comunicación, los movimientos de protesta y la imposibilidad de desarrollar programas de investigación que hace que la situación se torne más complicada (Aibar, 2002, 108).

Las CCTP, involucran aspectos adicionales a los que se conocen en la ciencia pura, intervienen entonces factores de orden social como por ejemplo activismos ecológicos, sindicatos, movimientos de protesta en contra del desarrollo tecnológico, y de orden político generalmente representados por instituciones oficiales. Como lo manifiesta Dorothy Nelkin los conflictos se dan como un medio de negociación entre diferentes relaciones sociales para mantener ciertos valores, establecer normas, definir fronteras políticas en momentos de cambio científico y tecnológico. El debate «nuclear» por ejemplo, ha representado luchas ideológicas sobre el carácter político de lo que llamaríamos una buena sociedad. Algunos debates se han originado por temor al riesgo, otros reflejan una inquietud de que el uso del conocimiento tenga fines dañinos en la sociedad. Estos conflictos también se generan porque la gente piensa que las investigaciones científicas representan una amenaza a sus creencias. En términos generales, el tema central de estas disputas es la «libertad de elección». Su contribución a la clausura depende de las fuentes subyacentes del conflicto.

Nelkin propone una clasificación sobre la base de los elementos fundamentales que dominan la controversia. Uno de esos elementos fundamentales es el miedo al riesgo: el público no ha olvidado los desastres tecno-científicos sucedidos años atrás. Es por ello que no se sabe bien qué factores

sociales y psicológicos determinarán la respuesta del público ante los riesgos tecnológicos. El miedo se incrementa en la medida en que se dificulta la detección de los riesgos, porque en la mayoría de los casos se hacen invisibles, tal y como sucedió en la oposición de las centrales nucleares y la manipulación del ADN. En ambos casos el grado de desconfianza del público se incrementa por el grado de incertidumbre y por la imagen que proyectan los científicos en desacuerdo. Hacemos entonces referencia al caso de las centrales nucleares, en donde el público desconocía totalmente las medidas de control contra fugas o radiaciones, o en el caso del ADN, donde no se tenía conocimiento del uso de esta ciencia y qué fines adicionales tenía.

El mal uso de la ciencia también suele ser un elemento fundamental en determinadas CCTP, en 1975 científicos de la Universidad de Harvard, proponen realizar estudios de cromosomas XYY en los varones de centros penitenciarios de Estados Unidos. Esta propuesta surge para probar la hipótesis de la relación de esta aberración genética y el comportamiento criminal. Esta hipótesis se basaba en la observación de la incidencia del cromosoma Y entre los prisioneros. Los fines de esta investigación estaban encaminados al mejoramiento de tratamientos terapéuticos, sin embargo los críticos enfocaron su atención a los posibles usos que se generarían a partir de estas investigaciones, como por ejemplo manipulación de terapias tendientes a establecer controles para conductas antisociales. En síntesis el argumento se centra en que no se pueden desconectar los desarrollos tecno-científicos con los usos posibles de los mismos.

Las implicaciones morales y éticas de la ciencia también generan grandes desacuerdos, existe el temor de que la ciencia cambie el estado normal de la naturaleza, o altere la estructura genética del hombre, un ejemplo claro de ello son las críticas en contra de la investigación fetal y el debate sobre la fertilización in vitro, así mismo los argumentos contra la manipulación genética, que ponen a la ciencia en tela de juicio, señalándola como perturbadora de los valores humanos y de la naturaleza.

La determinación de prioridades en ciencia también puede ocasionar una CCTP ya que los costos de la investigación suelen ser muy altos y no siempre la ciencia está proyectada a encontrar beneficios de carácter social, como desarrollo de procedimientos encaminados a salvar más vidas; por el contrario la investigación solo beneficia a unos pocos. También se producen disputas sobre cuestiones de equidad, cuando los ciudadanos se enteran que están asumiendo el costo de una nueva tecnología que beneficia a una

gran cantidad de población, este tipo de disputas se pueden observar en las controversias sobre la ubicación de grandes tecnologías, tal es el caso de redes eléctricas. Las protestas de la comunidad plantean cuestiones básicas de justicia distributiva (Nelkin, en Engelhardt y Caplan, 1994, 282 y 290).

Muchas controversias se desarrollan a raíz de desacuerdos explícitos entre científicos, los cuales, alegando la existencia de determinados fenómenos, corrección de experimentos o legitimidad de ensayos clínicos, desatan temas de discusión. Así que en el interior de una CCTP el conocimiento científico se convierte en un elemento muy importante de la controversia. Tal como se mencionaba anteriormente, en un proceso de CCTP, se encuentran implicados diferentes tipos de actores, las comunidades de científicos o expertos que según la imagen convencional de la ciencia, representan las partes enfrentadas en el conflicto y forman parte activa de la controversia; los actores sociales como grupos de afectados, asociaciones de consumidores, sindicatos, grupos ecologistas, entre otros y finalmente, los organismos gubernamentales, políticos o empresas que se valen del conocimiento para establecer, en muchos casos, la normativa que regirá el uso de la tecnología en cuestión.

Una CCTP en condiciones normales se resuelve entre la misma comunidad científica, a través de reuniones de expertos, en las que se discuten las evidencias existentes y se publican los resultados de los análisis, o a través de un dictamen técnico. Las decisiones y acciones a seguir frente a los resultados suelen estar a cargo de agentes reguladores o políticos.

Pero más allá de la neutralidad valorativa en la investigación en ciencia y tecnología, o de la falta de esta, los científicos se han tenido que enfrentar a un enemigo latente: la incertidumbre epistémica o ética, entrando en una era de ciencia «posnormal» en la que las decisiones o propósitos en conflicto arriesgan algo en el juego. Se denomina posnormal para indicar que los ejercicios de resolución de problemas en la ciencia normal de Kuhn ya no son apropiados para resolver los problemas a los que se enfrenta la ciencia hoy día. Esta nueva forma de ciencia deja de ser conocimiento y pasa a ser información, acerca de lo que se sabe pero también acerca de lo que no se sabe. Además de esto, en la ciencia posnormal nos encontramos con «hechos duros sobre valores blandos», por lo cual, ante la dureza de estos hechos, los datos obtenidos, a pesar de contar con cierto grado de incertidumbre sirven de marco para la regulación pública (Funtowicz y Ravetz, 1993, 46).

Ejemplos de esta situación los proporcionan aquellas acciones que necesitan realizarse en torno a mitigar el deterioro ambiental.

Tan importante es el origen, el desarrollo de una CCTP, como su clausura. MacMullin clasifica las controversias de acuerdo a la clase de clausura que tengan:

- g) Por resolución: la controversia se resuelve cuando se llega a un acuerdo sobre el fondo del asunto, respecto a factores epistémicos.
- h) Por cierre: la controversia llega al cierre cuando se termina en la base a factores no epistémicos, como decisiones políticas, ambición o pereza de cualquiera de los contendientes.
- i) Por abandono: la controversia se puede dar por terminada cuando cualquiera de las partes pierden interés (MacMullin, Engelhardt y Caplan, 1987, 6).

## 5. Origen de la controversia

Las discusiones acerca de los efectos de las RF, comienzan a cobrar vida a finales de los años 70 y en la década de los 80, en este periodo se tenían claros los efectos de las RF en las aplicaciones clínicas, en el campo de las terapias para lesiones musculares o tendinosas y tratamiento de algunos tumores, también fueron utilizadas en diagnósticos por resonancia magnética. Una vez generalizada esta práctica, los especialistas quienes aplicaban estas terapias y por lo cual se encontraban expuestos a RF de manera permanente empiezan a sufrir trastornos (Grande y Úbeda, 2010, 47), lo que conlleva a la realización de diferentes estudios epidemiológicos que determinan ciertas patologías como pérdida fetal, infertilidad, algunos casos de cáncer entre el personal clínico expuesto a estas RF. Luego casi en forma paralela aparecen nuevos casos entre el personal militar con exposición a señales de radar. Posteriormente la puesta en marcha y expansión de las nuevas tecnologías de la comunicación y la aparición de un número considerable de cánceres en poblaciones aledañas a las estaciones base, incrementan las inquietudes tanto del público «afectado» como de los científicos, quienes emprenden una búsqueda de explicaciones a través de sus investigaciones.

Más tarde, con la aparición de las nuevas tecnologías de la comunicación en los años 90, aparecen casos de cáncer cerca de las estaciones base

de telefonía móvil, en Castilla y León para el caso de España y se suman a estos otros tantos reclamos bajo las mismas condiciones, de manera que se van incrementando los números de casos en diferentes países. De ahí hasta la fecha se mantienen en pugna los que afirman que los campos electromagnéticos potencian el desarrollo de patologías y los expertos físicos que se mantienen en la inocuidad de esta joven tecnología.

A continuación se realizará una breve exposición de los distintos actores involucrados en la controversia, esto es, determinados grupos de afectados que sitúan en las RF el origen de sus patologías, la comunidad científica, escindida en dos paradigmas contrapuestos y los organismos reguladores, que ante la presión pública recurren a los informes científicos para establecer una normativa regulatoria.

## 6. El público

Los numerosos casos de cáncer reportados por los medios de comunicación capturan la atención pública y el interés político. De esa manera se incrementan los movimientos de protesta en contra del desarrollo tecnológico y se hacen visibles escritores activistas, políticos y hasta personalidades del cine, llamando la atención para la causa. Las numerosas publicaciones sensacionalistas, fotografías impactantes, historias alarmantes transmitidas por internet y televisión, logran generar un impacto en la sociedad (Nelkin, en Engelhardt y Caplan, 1987, 285 y 286) de manera que se incrementan las actividades de protesta en contra de la tecnología, las imágenes verbales y visuales han ayudado a convertir las preocupaciones abstractas sobre la ciencia y la tecnología en asuntos de ética y moral.

La ciudadanía española, manifiesta de forma continua su gran preocupación por los efectos adversos que se pudiesen producir por el uso de la telefonía móvil, esta situación se ha venido presentando años atrás e inició con la publicación de un estudio epidemiológico que asoció la aparición de diferentes patologías por exposición a campos electromagnéticos. Dada la anterior situación y teniendo en cuenta el desarrollo tecnológico, se incrementa la preocupación en el público con la instalación constante de estaciones base para la telefonía celular. No obstante surgen movimientos por la aparición de una cantidad considerable de casos de cáncer en menores, en diferentes regiones del país, adicionalmente se intensifican los reclamos

y las protestas del público dada la información que poseen referente a los campos electromagnéticos y las radiofrecuencias.

Los primeros casos relacionados con cáncer en España surgieron en 2001 en un colegio de Valladolid, se creía que la causa del cáncer se debía a las radiofrecuencias producidas por una instalación industrial de telefonía contigua a esta institución, el colegio García Quintana. A causa de las inquietudes presentadas por docentes y padres de familia, la comunidad entra en alarma y los medios de comunicación toman parte activa en dicha manifestación de preocupación, para lo que las autoridades locales abren una investigación, en la que participa un grupo científico multidisciplinar, con el propósito de encontrar las causas verdaderas de estos hallazgos de cáncer infantil.

Se realiza por parte del equipo investigador el diseño del estudio descriptivo y etiológico<sup>10</sup>, adicionalmente se realiza un examen exhaustivo de cada uno de los casos reportados, y del resto de estudiantes de la institución, con la colaboración de los Hospitales «Río Hortega» y «Universitario» de Valladolid, quienes suministraron toda la información relacionada con historias médicas de pacientes infantiles con cáncer, de los cuales aparecen 3 casos inicialmente y se incrementaron a 6 en el colegio García Quintana, es importante destacar que estos pacientes presentaron diferentes tipos de cáncer, por tanto no se determinan conglomerados<sup>11</sup>.

De igual manera se realizan los análisis correspondientes a los casos de cáncer reportados desde los años 1995 al 2001. El reporte de los expertos indica que las leucemias y los linfomas en niños de 0 a 12 años en la provincia de Valladolid no presenta diferencias estadísticas significativas que indiquen un aumento de casos por exposiciones o algún otro fenómeno, se concluye además que el estudio epidemiológico en el colegio en cuestión descarta cualquier relación entre el cáncer y el estar estudiando en dicha institución. Las evaluaciones de las radiofrecuencias emitidas por

10. Estudios etiológicos: consiste en realizar una confirmación epidemiológica, no quiere decir que exista una relación Causa-Efecto. Para poder demostrar esta relación es necesario plantear una investigación causal o etiológica, la cual se inicia con una revisión bibliográfica y puede ampliarse consultando a expertos para revisar tanto aspectos clínicos como factores de exposición

11. Los conglomerados deben abordar casos del mismo tipo, y en conjunto como lo recomienda la CDC (Centers for Disease Control and Prevention), para este caso en particular se toma como «conglomerado real», dos casos de leucemia y de manera independiente y el caso de Linfoma de Hodgkin.

estaciones de telefonía de sistema de acceso radio LMDS, se encuentran por debajo de los límites de seguridad más restrictivos, en varias órdenes de magnitud.

En Santa Marta de Tormes-Salamanca, más de 30 casos de cáncer han sido conocidos, en los últimos 10 años, casualmente esta cifra ha ido incrementándose con la aparición de nuevas antenas de telefonía celular en el sector. A esta situación se le unen nuevos casos de cáncer en Villabrágima; esta vez el número de afectados es de 20 personas, y la inquietud del público no se hace esperar, se realizan manifestaciones de protesta en contra de la ubicación de las estaciones base, se alega la falta de participación de las autoridades locales para tomar decisiones a favor de la comunidad.

En el Sobradillo-Tenerife, se presume que hay cerca de 100 casos de cáncer detectados en los últimos años en el pueblo, se atribuye esta novedad a tres antenas de telefonía que hay en los alrededores del pueblo, y por tanto los fallecimientos han causado terror entre sus habitantes que, finalmente, hacen un llamamiento oficial a las autoridades competentes para que se retiren de las áreas urbanas las estaciones base ubicadas por la telefonía celular.

Muy numerosas son las protestas y los hallazgos de cáncer asociados a las radiofrecuencias, producidas por las estaciones base, por lo anterior se incrementa el pánico entre el público. Dadas estas preocupaciones se ha venido generando de manera oficial movimientos que han organizado información y creado una gran base de datos tanto con información de investigadores como de los múltiples casos que se creen son víctimas de las radiofrecuencias de estaciones base, con el fin de mostrar al público las evidencias circunstanciales y científicas en el tema de las radiaciones no ionizantes.

## 7. Los expertos

### 7.1. *A favor*

A partir de investigaciones relacionadas con campos electromagnéticos la ICNIRP de la OMS, ofrece información optimista para todos los usuarios de la telefonía móvil y el público en general. Debido a las condiciones de incertidumbre entre diferentes comunidades alrededor del



mundo, esta organización pone entonces a disposición notas científicas muy alentadoras para los usuarios. Los estudios demuestran que la exposición a radiofrecuencias por estaciones base se encuentra entre el 0,002% y el 2% de los niveles permitidos en las directrices internacionales, mucho menores que las emitidas por la televisión y la radio. Los límites de exposición se evalúan teniendo en cuenta factores de proximidad a las estaciones base<sup>12</sup>.

A partir de 1996 la OMS crea un proyecto internacional CEM cuya finalidad es evaluar la evidencia y la literatura científica sobre los efectos sanitarios de los campos electromagnéticos, resolver las preguntas de carácter científico y mantener informado al público sobre los potenciales efectos para la salud. Este proyecto ha presentado su informe correspondiente al 2010 en el que corrobora<sup>13</sup> las anotaciones que se han venido presentando en informes desde 1996 sobre la inocuidad de las RF producidas por estaciones base de telefonía móvil. El grupo de investigación reúne a expertos de diferentes áreas de formación científica, quienes están realizando investigaciones permanentes tratando de encontrar algún efecto a la exposición de RF producidas por estaciones base. Participan en él 49 países del mundo, para los cuales los encargados del proyecto CEM, han desarrollado una amplia agenda de actividades<sup>14</sup> desde el 2006.

Hasta el momento solo ha podido demostrarse que la exposición del cuerpo a señales de radiofrecuencias producidas por las estaciones base (no ionizantes), no generan alteraciones a la salud a largo plazo. Lo único que ha podido demostrarse es un aumento de temperatura corporal mayor a 1 °C, solo con exposiciones excesivas a intensidades altas, pero en lugares como instalaciones industriales con calentadores de radiofrecuencias.

En comparación con las estaciones base o antenas de radiofrecuencias, el cuerpo humano absorbe cinco veces más señal a través de las radiofrecuencias emitidas por la radio FM y la televisión y hasta ahora no se conocen efectos perjudiciales en la salud a causa de estas radiaciones. Las

12. Véase OMS, Nota descriptiva n.º 193, mayo de 2010. Campos Electromagnéticos <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/index.html>.

13. El proyecto CEM de la OMS tiene el compromiso de publicar resultados de investigación con fecha 2012 y al momento no se tienen datos nuevos desde el 2010.

14. Véase OMS, Agenda de investigación para campos estáticos 2006. [http://www.who.int/peh-emf/research/smf\\_research\\_agenda\\_2006\\_spanish.pdf](http://www.who.int/peh-emf/research/smf_research_agenda_2006_spanish.pdf).

frecuencias de radio FM utilizan unos 100MHz y la TV de 300 a 400 MHz, muy inferiores a las utilizadas en la telefonía móvil, entre 300MHz y 1.800MHz.

Según informes de la OMS, los medios informativos han causado el pánico entre el público sin tener unas bases científicas, han tratado de asociar casos de cáncer con la distribución de las antenas de radiofrecuencias lo que ha generado una alerta en la opinión pública, pero según esta organización, el cáncer está presente en todas las áreas del mundo y solo se trata de una coincidencia, se continúa entonces con las investigaciones y la relación con algunos casos de cáncer en sitios aledaños a las estaciones de base.

Se ha podido determinar que no existen características comunes en los casos de cáncer encontrados en los sitios aledaños a las estaciones base de telefonía móvil. En los últimos 20 años se han llevado a cabo múltiples estudios epidemiológicos y no se han encontrado pruebas que indiquen el aumento del riesgo a contraer cáncer a causa de las RF. Se han realizado pruebas con animales y con humanos, observando el comportamiento de las ondas cerebrales, cognición y comportamiento al ser expuestos a RF similares a las de las estaciones base y el resultado ha sido el mismo, no se han encontrado alteraciones que indiquen cambios perjudiciales para la salud.

Del lado de los expertos en telefonía móvil nos encontramos también con el proyecto INTERPHONE, que ha realizado un análisis de 2.600 gliomas, 2.300 meningiomas y 1.100 neurinomas de pacientes provenientes de 13 países. El presupuesto asignado para esta investigación fue de 3,8 millones de euros con cargo al «V Programa Marco de Investigación y Desarrollo» del Consejo Europeo, con sede en Bruselas. Este proyecto fue realizado del 2002 al 2004, aunque la entrega de resultados estaba prevista para el año 2006, solo se conocieron los resultados el 17 de mayo del 2010. Participaron en este proyecto países como Australia, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Israel, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, Suecia y el Reino Unido. La principal conclusión de estos estudios es que no se ha observado que el uso de esta tecnología con sus diferentes componentes por un periodo igual o superior a los 10 años suponga riesgos de padecer patologías relacionadas con el cáncer. Agotado el tiempo de espera y una vez obtenidos los resultados, numerosos organismos, revistas de carácter científico y entes gubernamentales publican las conclusiones de los expertos<sup>15</sup>.

15. Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante (18 de mayo de 2010): «ICNIRP recientemente publicó una revisión de la evidencia científica sobre los efectos

El doctor José Ignacio Íñiguez<sup>16</sup>, físico del departamento de física de la Universidad de Salamanca, ante la preocupación de la comunidad académica y vecinos del sector, por la instalación de una antena de telefonía móvil, en el edificio trilingüe de la Universidad de Salamanca, realiza estudios y hace las verificaciones respecto a las tolerancias permitidas según la normativa y ha recopilado una evidencia importante. Sobre la base de esta, expone claramente que las emisiones son mucho más bajas que las permitidas, y opina que solo se trata de un manejo inadecuado de la información técnica que llega al público y cuya responsabilidad atribuye a los medios que sin poseer las suficientes bases técnicas y científicas, causan pánico entre el público provocando numerosas acciones de protesta. Las compañías de telefonía móvil son muy estrictas en el cumplimiento de la normativa, ya que se exponen a pagar cuantiosas sumas de dinero como consecuencia de las multas por el incumplimiento de la norma, en cuanto al nivel de la frecuencia y la potencia de las estaciones base.

## 7.2. En contra

Se han realizado diversos estudios epidemiológicos en torno a la exposición de radiofrecuencias no ionizantes, en los que se evaluaron exposiciones de personas a estaciones base y a otras tecnologías, estos resultados se pueden localizar en revistas como *American Journal of Epidemiology*, *Journal of American Medical*, *Reviews on Environmental Health*. Algunas de estas

---

en la salud de la exposición a radiofrecuencia de teléfonos móviles. Hallamos que la evidencia existente no respaldaba un aumento de riesgo de tumores cerebrales en usuarios de teléfonos móviles dentro de la duración de uso investigada. La publicación subsiguiente del estudio Interphone ha hecho un gran agregado al volumen de evidencia disponible. En base a una revisión preliminar de los resultados ICNIRP cree que las conclusiones generales no cambian. Por lo tanto, ICNIRP considera que los resultados del estudio Interphone no dan motivos para alterar las recomendaciones actuales». Instituto Nacional del Cáncer de EE. UU. 17 de mayo de 2010: «Si bien es claro que la investigación en esta área continuará, este estudio de largo plazo a gran escala hace una gran contribución al cuerpo de evidencia científica sobre los teléfonos móviles y el cáncer cerebral. Interphone también ilustra qué difícil es identificar y corroborar, o descartar definitivamente, una posible asociación entre ambos», señaló el Director del National Cancer Institute (NCI), Dr. John E. Niederhuber.

16. Quiero ofrecer mis agradecimientos al doctor José Ignacio Íñiguez, físico de la Universidad de Salamanca que me ha orientado en la comprensión de la tecnología de telefonía móvil, y me ha proporcionado gran parte de la información relativa a este asunto a través de entrevistas personales.

investigaciones concluyen que cuanto más cerca se encuentre el público expuesto a las radiofrecuencias, al cabo del tiempo, se incrementan los riesgos de sufrir alteraciones neuroconductuales y cáncer, a distancias menores de 500 metros.

Para efectos de comprobaciones científicas el BioInitiative Working Group<sup>17</sup>, recopila informes y publicaciones de carácter científico relacionados con estudios e investigaciones enfocados a los efectos generados por la radiofrecuencia; a partir de ello se produce un informe (Bioinitiative-Report) con datos adicionales de la Agencia Europea del Medio Ambiente en donde los expertos explican la incidencia de las RF sobre la salud y los nuevos casos de cáncer en menores de 15 años, se descarta inicialmente hipótesis habituales de esta patología y se concluye entonces que las causas de estos hallazgos pueden haber sido provocados por factores medioambientales producidos por el desarrollo tecnológico como las CEM. Aunque las exposiciones sean bajas, se entiende que son frecuentes y a largo plazo pueden causar efectos nocivos para la salud, en razón a que el entorno está cada día más cubierto por las radiofrecuencias, como consecuencia de la demanda tecnológica, se especula entonces sobre una correlación directa entre la radiofrecuencia y la leucemia infantil. Los estudios experimentales, epidemiológicos, en animales y en medio ambiente, no ofrecen resultados concluyentes y por tanto no es posible responder desde el ámbito científico a un «sí» o un «no» respecto al uso de la tecnología en general de telefonía celular, teniendo en cuenta que los estudios hasta ahora realizados son a muy corto plazo ya que la aparición de los teléfonos celulares tienen en nuestro medio poco más de 16 años en el mercado, se necesita de periodos más largos antes de llegar a una conclusión firme.

También se destaca el proyecto europeo REFLEX en el que participaron 12 centros de investigación y que surge de las profundas incertidumbres que la investigación epidemiológica y animal ha generado sobre los efectos para la salud en la exposición a campos electromagnéticos, y que están afectando la instalación de infraestructuras eléctricas y de telefonía celular, la reubicación de población, centros escolares y/o líneas de alta tensión. Este proyecto tiene como objetivo investigar los mecanismos biológicos que pueden

17. Es un grupo de trabajo conformado por científicos de diferentes áreas del conocimiento, que surge a partir de la reunión anual de la Sociedad de Electromagnetismo, después del minisimposio de electromagnéticos y RF, en octubre del 2006.

estar asociados a los mismos. Para ello, desde la toxicología y la biología molecular, Reflex estudia las respuestas celulares y subcelulares a la exposición a campos electromagnéticos. Entre sus conclusiones principales destaca que tras la exposición celular a campos electromagnéticos de baja frecuencia se observan efectos genotóxicos y fenotípicos (modificación de la expresión de numerosos genes y proteínas) a niveles de exposición muy reducidos, mientras que los efectos sobre proliferación celular, diferenciación celular y apoptosis resultan mucho menos concluyentes. Los resultados han sido publicados en el *International Journal of Epidemiology*<sup>18</sup>.

La intensidad de las CEM en una estación base es generalmente mucho más baja que la establecida en las normas regulatorias. Lo que se trata de demostrar es, si a largo plazo la exposición permanente puede causar efectos en la salud, teniendo en cuenta además otros factores como el CO<sub>2</sub>, exposición a sustancias cancerígenas u otras sustancias como el benceno, procesamiento de alimentos y conservantes, ahumados, altos niveles de estrés, etc. Es importante anotar que existen estudios relacionados con la densidad del tráfico local asociado a la leucemia en infantes sin descartar por supuesto los riesgos asociados a exposiciones de productos químicos.

Por otro lado la Universidad de Albany en New York ofrece información detallada acerca de los impactos para la salud. Según los investigadores, cuando los ciudadanos están expuestos miles de veces a radiofrecuencias, aunque sea por debajo de los límites permitidos, aumenta el riesgo de desarrollar leucemia y linfomas, por tanto se requieren estándares más estrictos de seguridad en telefonía móvil y en general de otras fuentes de exposiciones CEM. El doctor David O. Carpenter, graduado en Harvard Medical School es director del Instituto de Salud y del Medio Ambiente de la Universidad de Albany New York, investigador asiduo de los contaminantes medioambientales.

El doctor Carpenter<sup>19</sup>, manifiesta su alta preocupación por la amenaza que representan los CEM en la salud pública, con posibles desarrollos de cáncer en personas cercanas a las estaciones base de telefonía móvil y la inminente necesidad de replantear la normativa vigente respecto a los campos electromagnéticos. La investigaciones generaron resultados alarmantes

18. Disponible en: <http://ije.oxfordjournals.org/content/early/recent>.

19. CARPENTER, D.: *Electromagnetic Fields and Your Health*, *Bioinitiative Report*. Disponible en: <http://www.bioinitiative.org/freeaccess/report/docs/report.pdf>.

y fueron debidamente soportados por la evidencia de las investigaciones llevadas a cabo en la Universidad de Albany. Nancy Wertheimer, experta en salud pública de Colorado y Ed Leeper, ingeniero electricista, vienen tomando nota de múltiples casos observados de cáncer, y empezaron a notar que los niños son dos o tres veces más propensos a tener leucemia cuando se encuentran cerca de las CEM.

Las declaraciones científicas, se han venido presentando desde hace varios años, tal es el caso del doctor Lennart Hardell<sup>20</sup>, MD, PhD, profesor en el departamento de Oncología, departamento de ciencias naturales, Universidad de Örebro, Suecia, y miembro del equipo de trabajo Biolnitiative, en una conferencia realizada en Londres el 6 y 7 de junio de 2001, sustenta los efectos producidos por los campos CEM de la telefonía móvil. En esta conferencia se hace énfasis en la evolución de esta tecnología de cómo en el inicio de la misma se requería de 450 MHz y ahora con la tecnología GSM se requieren más de 1.800 MHz para lograr la eficiencia de este sistema.

Las investigaciones se basaron en el estudio a 1617 pacientes hombres y mujeres, entre 20 y 80 años, con tumores de cerebro diagnosticados entre 1997 y 2000. Se seleccionó un grupo de control para cada caso. Las áreas de estudio fueron Uppsala-Örebro, Stockholm, Linköping y Göteborg, el nivel de exposición se evaluó a través de encuestas aplicadas a estos pacientes seleccionados. No obstante se realiza un seguimiento a los pacientes y a las tecnologías utilizadas por cada uno, el cual concluye que se produce un aumento del riesgo en el desarrollo de cáncer cerebral a usuarios de tecnología digital. No se encontró una observación muy clara acerca de las radiofrecuencias producidas por las estaciones base, se recalca que es muy importante hacer las observaciones durante periodos más largos de tiempo para poder obtener datos más confiables.

La inquietud del público debido a los nuevos casos de cáncer hallados, ha hecho que se añen a esta campaña por descubrir los efectos de los CEM instituciones como el Instituto de Cáncer de la Universidad de Pittsburgh cuyos investigadores (Robert Haberman, director del instituto) han realizado numerosos estudios y han sido comparados con los resultados de otras instituciones que se encuentran en la misma línea de trabajo. Han reunido a un grupo de expertos internacionales, patólogos, oncólogos, epidemiólogos

20. LAI, H. y HARDELL, L. (2011): «Cell phone radiofrequency radiation exposure and brain glucose metabolism», *Journal of American Medical Association*, 305 (8), pp. 808-813.

y especialistas en salud pública, los cuales han declarado que se consideran riesgos potenciales, dada la continua exposición del público a los campos electromagnéticos, producidos por el desarrollo tecnológico. Se coincide en las recomendaciones de precaución frente a estas exposiciones. En este estudio se ha observado el comportamiento humano a una exposición continua y cercana a estaciones base, detectándose carcinomas en población infantil entre los 0 y los 15 años. Cabe anotar que no se han publicado más estudios por parte de organismos competentes como la OMS y quedando a la espera del compilado de investigaciones que dicha institución posee.

El Doctor Martin Blank<sup>21</sup>, del departamento de Fisiología y Biofísica celular de la Universidad de Columbia, se ha dedicado a investigar acerca de las radiofrecuencias producidas por las estaciones base, ha realizado un informe en el que expone su tesis en el seminario internacional de radiaciones no ionizantes, «La salud y el ambiente» llevado a cabo en Brasil. Blank enumera los argumentos que aseguran la existencia de los efectos térmicos de las radiaciones no ionizantes de baja frecuencia y mediante su presentación «Síntesis de la proteína del stress: Interacción de los campos electromagnéticos con el ADN», explica que la exposición a radiaciones no ionizantes provoca una activación de temperatura a nivel celular, lo que significa que hay un potencial riesgo de un daño físico (aumento de temperatura) y como consecuencia de ello también pueden presentarse cambios químicos como alteraciones del Ph. Las células al ser expuestas a los CEM, sufren alteraciones o cambios que afectan directamente ciertos segmentos del ADN. Esto se debe a que las células reaccionan de manera defensiva ante reacciones desconocidas. Se cree que una de las causas posibles del cáncer es el daño celular producido en el ADN y por qué no como consecuencia de los CEM y RF.

Como lo menciona el Doctor Martin Blank, la naturaleza misma produce campos electromagnéticos, cuando se dice que el calor del sol nos calienta, esto se produce por medio de unas ondas que no se pueden ver, pero que son percibidas por la piel, es algo natural, pero el desarrollo tecnológico ha traído consigo multiplicidad de artefactos de uso diario como la televisión, la radio FM, el microondas y por supuesto los teléfonos móviles, que producen en su funcionamiento campos electromagnéticos de manera artificial, entonces no cabe la menor duda que continuamente el público se encuentra

21. BLANK, M. (1999): «Electromagnetic fields may act directly on DNA. Cell Biology», *Journal of Cellular Biochemistry*, Issue 3, pp. 357-546, volume 75.

expuesto a la diversidad de los CEM artificiales y que como consecuencia se produce el calentamiento en las células, pero este calentamiento por no producirse de forma natural podría ser el causante del aumento de casos de cáncer en entornos en donde se concentran un número importante de estaciones base de telefonía.

Para cumplir con las exigencias del mercado cada día se requiere de niveles más altos de frecuencias y potencias para lograr la transmisión de voz, datos y video, pero aunque individualmente las frecuencias sean muy bajas de igual manera pueden ser biológicamente perjudiciales, ya que se produce una carga acumulada en los organismos, en cuyo caso el organismo humano no está diseñado para soportar estas sobreexposiciones.

El ADN está constituido por una serie de proteínas, entre ellas unas proteínas de choque término o proteínas de estrés, que se originan como reacción a una situación desconocida en la célula, es decir cada vez que una célula se somete a un ambiente hostil, esta genera nuevas proteínas conocidas como proteínas de estrés. Esto quiere decir que la presencia de esas proteínas en el ADN, indica que la célula ha entrado en contacto con algo que es nocivo para su normal funcionamiento. Las investigaciones indican que las radiaciones en rangos no ionizantes pueden causar roturas en la cadena del ADN y que las células no solo reaccionan a frecuencias en rangos de microondas sino en frecuencias no ionizantes. El ADN en la célula funciona como una antena fractal<sup>22</sup> en donde los electrones conducen la electricidad. En resumen el cuerpo humano constituido por millones de células constituye a través del ADN una antena de recepción de multiplicidad de frecuencias, por lo que es muy difícil centrar los estudios en un solo tipo, dado que permanentemente estamos bombardeados por diferentes tipos y nunca se sabe qué frecuencia es la que va a causar mayor daño.

Las investigaciones han encontrado el ADN que controla la respuesta a los campos electromagnéticos, esto se realizó haciendo pruebas en un fragmento de ADN, justo donde se encontraba la proteína HSP70, una de las 20 proteínas producidas por el estrés celular.

En resumen los investigadores suponen que aunque las frecuencias de exposición sean pequeñas son las permanencias constantes las que generan un riesgo importante en el calentamiento de las células que podrían

22. (BLANK y GOODMAN, 2011, 10). Una antena fractal es una antena que puede absorber gran variedad de frecuencias en el espectro de los campos electromagnéticos.



originar enfermedades y afecciones biológicas, ya que afectan directamente el ADN celular, produciéndose un posible rompimiento en las moléculas, lo que da lugar a enfermedades como la leucemia, por el rompimiento de las moléculas de hemoglobina. Por tanto la idea de que las radiaciones no ionizantes no causen efectos biológicos podría ser inexacta.

Por lo anteriormente dicho el Dr. Martin Blank hace énfasis en las precauciones que se deben tener al hacer uso de tecnologías que producen los CEM, tales como estaciones base de telefonía celular, tecnología Wifi, Microondas, al igual que la revisión de las normativas estatales y estándares de regulación de distribución de estas tecnologías, para minimizar los riesgos de exposición, pensando en la protección de la salud pública.

Adicionalmente hace una observación hacia los estudios realizados por los físicos en los que solo se centran en las reacciones de las radiofrecuencias en la materia, pero esta labor investigativa se debería realizar en compañía de biólogos expertos. Ahora las nuevas preocupaciones se centran en los numerosos casos de cáncer de cerebro, que han superado los casos de leucemia; en Australia en menos de una década se presentó un incremento del 21% y es consistente con los hallazgos de cáncer en Europa y Reino Unido cuya medición fue del 40% en aumento de tumores cerebrales, durante el mismo tiempo.

## 8. Políticas públicas

Los científicos se han convertido en un ente asesor de alta relevancia como «quinta rama del gobierno» (Jasanoff, 1990, 49). Pero a pesar de la creciente dependencia de las agencias reguladoras en la información científica y técnica han concedido a los científicos una mayor influencia en las políticas públicas, las opiniones difieren en cuanto a cómo esas contribuciones deben ser equilibradas contra otras preocupaciones políticas. La ciencia cobra importancia en las agendas políticas de los gobiernos para el caso que nos ocupa el Ministerio de Sanidad y Consumo, elabora un Plan Nacional de Salud y Medio Ambiente para España basándose en las estrategias planteadas por la OMS (Plan de Acción Europeo del Medio Ambiente y Salud 2004-2010) y (el Plan de Acción sobre Medio Ambiente y Salud para los Niños en Europa) CEHAPE. Para tal efecto, se firma un acuerdo por parte de los Ministerios de Sanidad, Consumo y Medio Ambiente con el Instituto de Salud

Carlos III y se constituye un comité de expertos para elaborar informes sobre temas específicos entre los que se encuentran campos electromagnéticos y las radiaciones ionizantes. Este acuerdo surge como una preocupación de los entes mundiales, dadas las consecuencias de los ambientes artificiales creados por el hombre, que podrían afectar a la población más vulnerable y que afecta a niños (quienes constituyen un 30% de la población mundial) y dadas las cifras alarmantes de mortalidad prematuras que llegan hasta un 23% y son atribuidas a factores ambientales<sup>23</sup>.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, 2005) entre otros, emiten una normativa en la que se realizan las recomendaciones técnicas para la eficiencia de las redes de telefonía móvil, considerando los riesgos sanitarios. Las instituciones gubernamentales se valen de las instituciones como el ICNIRP de la OMS y la IEEE, organizaciones que actualmente se encuentran del lado de la tecnología de telefonía móvil, para emitir las normas y leyes que regulan las instalaciones de las redes, como es el caso del Ministerio de Sanidad en asociación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Instituto de Consumo de España.

En el Real Decreto 1066/2001 del 28 de septiembre, España establece las normas para la protección del dominio público radioeléctrico, emisiones y controles de protección sanitaria, frente a emisiones radioeléctricas y tiene como objetivo principal adoptar medidas de protección para la población y para ello establece límites de exposición del público a campos electromagnéticos, procedentes de emisiones radioeléctricas. Esta ley se fundamenta en recomendaciones de los organismos europeos como la Organización Internacional de Estándares ISO, Comité Europeo de Normalización ETSI, Comisión Electrotécnica Internacional CEI y la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones No Ionizantes ICNIRP, quienes en el momento se encuentran a favor de la tecnología de telefonía móvil, los organismos anteriormente enunciados son los referentes para definir los niveles de tolerancia de exposición del público a las radiofrecuencias<sup>24</sup>. Sin embargo, de cara a la implementación de la normativa, solo es tomada en cuenta la opinión de los expertos a favor de la tecnología, el gobierno no ha tenido en cuenta

23. Véase informe base para la elaboración del Plan Nacional de Salud y Medio Ambiente emitido por el Centro Nacional de Sanidad Ambiental, Instituto de Salud Carlos III, para el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad.

24. Véase el anexo II del capítulo III, artículo 6: «Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas. Restricciones básicas y niveles de referencia» (Real Decreto 1066/2001).

los datos producidos por los investigadores representantes de la biología, epidemiología y la medicina.

## 9. Evidencia científica-asociación causal

Las evidencias científicas al igual que los argumentos que las acompañan, constituyen el punto de partida en la resolución y clausura de las controversias, es por ello que en las contiendas científicas las partes buscan las evidencias probatorias para demostrar la veracidad de sus conclusiones (Engelhardt *et al.*, 1987). Por otro lado, para lograr impacto en una controversia generalmente es necesario reunir una variedad de resultados, meta-análisis<sup>25</sup> (para el caso de los estudios epidemiológicos), estudios *in vitro*, estudios *in vivo* y encontrar las suficientes relaciones entre sus factores, para justificar un vínculo causal.

Del mismo modo, para que las conclusiones sean aceptadas, es recomendable la asociación de tres factores esenciales, la fuerza con que las conclusiones se apoyan en las evidencias, es decir, cuando las evidencias se unen para estructurar una explicación aceptable ante la comunidad científica (los componentes se enlazan para formar una memoria explicativa); la seguridad de que la información que se tiene es verdadera y la integralidad de las evidencias, es decir, cuando se suman todas las evidencias combinadas, microbiológicas (riesgos elevados de desarrollo de cáncer entre las personas expuestas) *in vivo* (respuestas biológicas a RF, resultados dosimétricos), *in vitro* (respuestas celulares a RF), y sus resultados coinciden, se eleva la posibilidad de una relación causal ente RF y cáncer (Haack, 2008, 269).

Pese a que estos factores no son simétricos, el grado de confianza en una conclusión depende del nivel de relaciones existentes entre estos tres factores, cuanto mayor sea el número de relaciones, mayor es el nivel de confianza de que exista una relación causal entre las RF y el cáncer. Entonces la combinación de elementos de evidencias justifican las conclusiones.

25. Metaanálisis: Estudio basado en la integración estructurada y sistemática de la información obtenida en diferentes estudios clínicos, sobre un problema de salud determinado. Consiste en identificar y revisar los estudios controlados sobre un determinado problema, con el fin de dar una estimación cuantitativa sintética de todos los estudios disponibles. Dado que incluye un número mayor de observaciones, un metaanálisis tiene un poder estadístico superior al de los ensayos clínicos que incluye.

A partir de un análisis teórico de los elementos anteriormente enunciados, se puede mostrar que una evidencia combinada bien sustentada puede justificar una relación causal con cualquiera de sus elementos. Con la ilustración anterior se pretende establecer un procedimiento para llegar a una conclusión de fiabilidad de la causalidad o la evidencia.

Austin Bradford<sup>26</sup> recomienda la aplicación de nueve criterios para establecer si en la evidencia existe una relación causal. Hemos utilizado estos criterios para el caso de RF y cáncer.

- 1) Fuerza: es decir, cuán grande es el aumento de riesgo por exposiciones. Este criterio puede establecerse a través de la medición del riesgo relativo RR, tal es el caso de los estudios publicados entre 1993 y 2007 (Kheifets, 2008)<sup>27</sup> en los que se muestra un incremento del riesgo a desarrollar tumores cerebrales y leucemia por efectos de RF en los grupos de observación. REFLEX (Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards from Low Energy Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive in vitro Methods), trabajo llevado a cabo por 12 equipos de científicos en siete países de Europa para hallar una relación entre campos electromagnéticos y desarrollo de tumores y enfermedades neurodegenerativas, analizaron además los potenciales efectos en los niños y concluyeron que el impacto biológico es mayor en relación con los adultos (Grande y Úbeda, 2010, 72).
- 2) Consistencia: es decir, si la asociación entre la exposición a RF y el cáncer se ha observado por diferentes personas, en lugares y tiempos diferentes y en diferentes circunstancias; como se ha expuesto en el presente trabajo, Bioinitiative Working Group, reúne a científicos de muchos países para realizar estudios en sus respectivos centros de investigación, consolidar evidencias y establecer asociaciones, las cuales han quedado expuestas en un informe denominado Bioinitiative Report.

26. BRADFORD, A. (1965): «The Environment and Disease: Association or Causation?», *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58 (1965), pp. 295-300. Disponible en: <http://www.edwardtufte.com/tufte/hill>.

27. KHEIFETS, L. (2008): «Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses», *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, June 2008 - Volume 50 - Issue 6, pp. 677-688.

- 3) Especificidad: es decir, si la asociación es específicamente entre las RF y el cáncer; la mayor parte de la evidencia se enfoca a tumores cerebrales y leucemia, esta evidencia ha sido producto de 47 estudios publicados entre 1983 y 2007. Adicionalmente se han publicado en revistas científicas como las mencionadas anteriormente una cantidad de estudios relacionados con el cáncer y las RF producidas por estaciones base de telefonía móvil (Grande y Úbeda, 2010, 14).
- 4) Temporalidad: es decir, si la exposición a RF le precede el carcinoma (por ejemplo, se asocia con las primeras etapas de desarrollo). Es precisamente aquí donde se genera gran parte de la controversia. Ya que los resultados de los estudios no son contundentes, los biólogos a su parecer necesitan más tiempo para sacar conclusiones. Una razón posible de que la temporalidad no se dé para el caso de las RF y el cáncer puede ser que las observaciones no son suficientes ante la comunidad de expertos contendientes.
- 5) Gradiente biológico: es decir, si la incidencia del cáncer aumenta a medida que aumenta la exposición a las RF; hasta el momento los datos existentes no muestran un riesgo incrementado de cáncer por RF de estaciones base.
- 6) Plausibilidad: Es decir, si la hipótesis de causalidad se adapta a los conocimientos biológicos actuales; es claro a nivel de biólogos, epidemiólogos y médicos, estos coinciden en que las RF producen una reacción celular por exposición (pruebas in vitro), tal y como lo explica el Dr. Martin Blank de la Universidad de Columbia en su artículo «Electromagnetic fields may act directly on DNA».
- 7) Coherencia: es decir, la interpretación de la causa no debe entrar en conflicto con los hechos conocidos en general. Es precisamente lo que los físicos alegan a favor de esta tecnología, la variación de los resultados, ante la comunidad de expertos a favor resulta poco confiable, sus argumentos se sustentan en la falta de contrastación de datos y estudios en grandes poblaciones (Íñiguez, 2011, comunicación personal).
- 8) Experimento: es decir, si los resultados conocidos influyen en la aplicación de acciones preventivas para reducir la exposición a RF; es posible en el caso de las RF acudir a pruebas experimentales en animales (estudios in vivo), pero para demostrar efectos sobre la salud pública resulta complicado extrapolar estos experimentos a

humanos ya que por cuestiones de valores y ética, estas pruebas no se aplican directamente en personas, los resultados están asociados a la observación. Los experimentos en animales aún no muestran incrementos en la progresión tumoral. Al parecer los roedores no son modelos adecuados para valorar efectos de RF. Sin embargo es importante destacar que se toman acciones preventivas al haberse observado en algún caso una asociación entre las dos variables en cuestión. Ejemplo la implementación de la normativa para la distribución de estaciones base, de acuerdo con las recomendaciones de ICNIRP.

- 9) Analogía: es decir, si hay alguna similitud con otros casos conocidos de una relación de causalidad. Una relación de causalidad comprobada que podría asociarse al caso de las estaciones base sería el caso del tabaco y el cáncer para este efecto sería el planteado por Bradford.

Estos criterios sirven como una guía para establecer un vínculo causal a partir de la evidencia disponible, pero no son concluyentes. Desde luego, ninguna evidencia de un vínculo causal es concluyente en el sentido de que demuestre deductivamente la conexión causal. Lo que nos dan los criterios de Bradford es una guía para establecer cuándo nuestra creencia en la conexión causal está justificada (Haack, 2008, 134).

Quienes se encuentran a favor de esta tecnología, la física, electricidad y telecomunicaciones, desestiman la existencia de una relación causal, por argumentos como el del Dr. Íñiguez, físico de la Universidad de Salamanca:

Una evidencia clara que sustentara una opinión en contra de la telefonía móvil por sus riesgos contra la salud (no hablo aquí de RF en general, sino de las señales de telefonía móvil) debería justificarse en datos bien contrastados realizados en una población numerosa, largos períodos de tiempo, diferentes lugares [...] y sobre todo excluyendo agentes nocivos que pudieran enmascarar los resultados. Los sujetos objeto de estudio deberían haberse analizado previamente en cuanto a su historial de salud, antecedentes, costumbres, alimentación, hábitos de vida [...] Eso requiere tiempo y dedicación y debería hacerse a la manera en que se hacen los estudios epidemiológicos. Hay que hacer medidas de niveles máximos y promedio de exposición, tiempos de exposición [...] y analizar los resultados para ver qué correlaciones se encuentran. Esos resultados deberían cotejarse con

las normativas internacionales sobre radiaciones no ionizantes y de ahí inferir consecuencias para, en su caso, corregir la normativa.

Respecto a las evidencias «En mi opinión porque son insuficientes. Todo esto es relativamente nuevo y no ha habido tiempo suficiente para hacer esos estudios. Sin embargo, lo que hoy sabemos es que no hay que alarmarse. Conviene estudiarlo más y mejor, pero podemos estar tranquilos y confiar en la normativa internacional sobre el tema» (Íñiguez, 2011, comunicación personal).

Esta controversia se debe en parte al manejo de dos modelos de contrastación de hipótesis distintas y mientras no haya acuerdo acerca de cómo justificar la hipótesis, la controversia seguirá abierta.

Los artefactos tecnológicos puestos al servicio de la sociedad civil, suelen tener fines completamente útiles, válidos, positivos y necesarios para la población. Sin embargo a pesar de la utilidad que poseen estos artefactos, la posibilidad de que los usos o las consecuencias de su uso, no tenga un efecto completamente positivo, es un escenario completamente válido. Tal como se expone en el análisis realizado, en el caso de los artefactos y tecnologías relacionadas a las radiofrecuencias, existe evidencia que apunta la demostración de cierta relación causal de estas radiofrecuencias con casos de cáncer u otras enfermedades, basada en análisis realizados por parte de la comunidad científica compuesta por médicos, biólogos y epidemiólogos, sin embargo, tal como se expone, existe también evidencia proporcionada por físicos, ingenieros electricistas y de comunicaciones, los cuales apuntan hacia un resultado diferente debido a puntos de vista antagónicos con respecto a los resultados obtenidos.

De resultar válidas las evidencias proporcionadas por la comunidad de expertos en contra de esta tecnología, podría evitar en un futuro el deterioro de la salud pública, relacionada a las enfermedades mencionadas con anterioridad.

## 10. Conclusión

La precisión de los datos, la repetibilidad de los experimentos, las metodologías utilizadas en la investigación, las asociaciones entre los elementos son atributos relevantes a la hora de enfrentarse a teorías de alta credibilidad

y trayectoria. La comunidad científica es bastante exigente en términos metodológicos y cuando estas no son claras, son rechazadas con facilidad. A pesar de la inversión en términos económicos en las diferentes áreas de investigación, durante los últimos 15 años, no se han obtenido conclusiones definitivas que desvirtúen la posición de los físicos frente a las radiofrecuencias emitidas por estaciones base de telefonía móvil. Por lo cual puede afirmarse que aún se mantiene una situación de incertidumbre en esta controversia lo que indica que continúan invariables los estándares de protección recomendados por la ICNIRP, quienes hasta el momento se encuentran a favor de este desarrollo tecnológico.

La evidencia que existe en la actualidad sobre los potenciales riesgos relacionados con las RF ha sido construida con estudios experimentales en animales y humanos, así como en estudios epidemiológicos, los cuales presentan falencias de carácter metodológico intrínsecas que afectan los resultados y el alcance de las conclusiones. De esta manera, y a pesar de las consideraciones realizadas por el grupo en contra del uso de esta tecnología, los físicos, ingenieros electricistas y de comunicaciones descartan una relación causal entre las RF y el desarrollo de enfermedades cancerígenas en humanos. Ante esta situación de puntos completamente divergentes sobre los mismos resultados, se puede afirmar que la controversia planteada aún continúa abierta, sin embargo, estas posiciones a pesar de encontrarse contrapuestas coinciden en la necesidad de ampliar y mejorar las evidencias científicas con el fin de esclarecer la causalidad en la relación de enfermedades y radiofrecuencias de telefonía móvil.

## Bibliografía

- AIBAR, E. y QUINTANILLA, Miguel Ángel (2002): *Cultura Tecnológica, Estudios de Ciencia y Tecnología y Sociedad, Barcelona*, Horsori.
- AIBAR, Eduard (2002): «El conocimiento científico en las controversias públicas», en AIBAR, Eduard y QUINTANILLA, Miguel Ángel: *Cultura Tecnológica. Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*.
- BLANK, Martin y GOODMAN, Reba (2011): «DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields», *Int. J. Radiat. Biol.*, 2011 Apr.; 87 (4), pp. 409-15.
- BLANK, Martin (1999): *Electromagnetic fields may act directly on DNA. Cell Biology, Journal of Cellular Biochemistry*, Issue 3, volume 75, pp. 357-546.



- BECK, Ulrich (1986): *La Sociedad del Riesgo. Hacia una Nueva Modernidad*, traducción del alemán, Bonn, Internationes.
- BRADFORD, Austin (1965): «El medio ambiente y la enfermedad: de asociación o relación causal», *Actas de la Royal Society of Medicine*, 58. Disponible en: <http://www.edwardtufte.com/tufte/hill>.
- ENGELHARDT, Tristan y CAPLAN, Arthur (1987): «*Scientific Controversies (Case studies in the resolution and closure of disputes in science and technology)*», Cambridge University Press, USA.
- FUNTOWICZ, Silvio y RAVETZ, Jerome (1993): *La Ciencia Posnormal, Ciencia con la Gente*, España, Icaria.
- GRANDE, Antonio Hernando y ÚBEDA, Alejandro (2010): *Radiofrecuencias y Salud. Debates Científicos*, CSIC, España, Catarata.
- HAACK, Susan (2008): *Evidencia e Investigación: Hacia la reconstrucción en epistemología*, Reino Unido, Tecnos.
- JASANOFF, Sheila (1990): *The fifth branch. Science advisors as policymakers*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press.
- KHEIFETS, Leeka (2008): «Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses», *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, June 2008 - Volume 50 - Issue 6, pp. 677-688.
- LAI, Henry y HARDELL, Lennart (2011): «Cell phone radiofrequency radiation exposure and brain glucose metabolism», *Journal of American Medical Association*, 305 (8), pp. 808-813.
- MACMULLIN, Ernan (1987): *Scientific controversy and its termination, Scientific controversies: Case studies in resolution and closure of disputes in science and technology*, Cambridge University Press.
- MARTIN, Brian y RICHARDS, Evelleen (1995): *Scientific knowledge, controversy, and public decision making*, en JASANOFF, Sheila (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies* (Thousand Oaks, CA, Sage).
- NELKIN, Dorothy (1994): *Science Controversies, The Dynamics of Public Disputes in the United States, Handbook of Science and Technology Studies*, sage publications.
- OUELLET-HELLSTROM, Rita (1993): *Miscarriages among Female Physical Therapists Who Report Using Radio-and Microwave-frequency Electromagnetic Radiation*, *American Journal of Epidemiology*, 138 (10), pp. 775-786.
- RODRÍGUEZ, Hannot (2000): «El paraíso perdido: el reto del riesgo en la sociedad tecnificada», *Actas del III Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*, Donostia-San Sebastián, Publicaciones del Departamento de Filosofía de la UPV/EHU, pp. 599-607.

## Enlaces *electrónicos*

- «ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL» (funcionamiento). Publicaciones *Monografías*. <http://www.monografias.com/trabajos40/antenas-telefonía-movil/antenas-telefonía-movil2.shtml> abril 2011.
- «INFORME TÉCNICO, comité elaborado por el comité de expertos. Indicadores comparados de servicios de telecomunicación». Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. [http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Aspectos%20sanitarios/1.-%20Ministerio%20de%20Sanidad%20y%20Consumo/Informe\\_MinisterioSanidad.pdf](http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Aspectos%20sanitarios/1.-%20Ministerio%20de%20Sanidad%20y%20Consumo/Informe_MinisterioSanidad.pdf), junio de 2011. <http://www.mityc.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/Telecomunicaciones/Sociedad%20de%20la%20informacion%20y%20Telecomunicaciones/3I%20Telefonia.pdf>, abril de 2011.
- «INFORME base para la elaboración del plan nacional de salud y medio ambiente». Centro Nacional de Sanidad Ambiental, Instituto de Salud Carlos III. Diciembre de 2007. <http://www.mspsi.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/informe-Base.pdf> *abril de 2011*.
- «INFORMES de actividades comité de proyectos CEM, publicaciones». Campos electromagnéticos y salud pública teléfonos móviles.
- «Informe sobre los resultados del proyecto REFLEX sobre la interacción de campos magnéticos de muy bajas frecuencias». Unión Europea (anexo 1). <http://www.apdr.info/electrocontaminacion/Documentos/Investigacion/Comentario%20Dr.Perretta%20al%20Informe%20Reflex.pdf>, mayo de 2011.
- «International COMMISSION on Non-Ionizing Radiation Protection». Actividades y estructura organizacional. <http://www.icnirp.de/what.htm>, abril de 2011.
- «NIVELES de exposición a CEM» Secretaría de Estado de telecomunicaciones y para la sociedad de la información. <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion>, mayo de 2011; <http://www.mspsi.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/informeCemRD1066agosto05.pdf>, mayo de 2011.
- OMS. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/index.html>, junio de 2011. <http://www.who.int/peh-emf/en/>; <http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/en/index.html>, junio de 2011.
- «PUBLICACIONES de efectos RF en la salud». Biolnitiative Report. Agencia Europea del Medio Ambiente, 17 de septiembre de 2007, Copenhague, Dinamarca. <http://www.next-up.org/pdf/ExtractosAgenciaEuropeaDeMedioAmbienteEEAyBiolnitiativeReport.pdf>, mayo de 2011.