

Montenegro, R.A. 2008. Capítulo 3, "Efectos de la radiación de microondas y radiofrecuencias sobre la salud y el ambiente". En: "Contaminación por antenas de telefonía celular", Ed. del País, Buenos Aires, pp. 85-182 (Total del libro: 303 p.).

## **EFFECTOS DE LA RADIACIÓN DE MICROONDAS Y RADIOFRECUENCIAS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE.**

Por

**Dr. Raúl A. Montenegro, Biólogo**

Profesor Titular de Biología Evolutiva Humana en la Universidad Nacional de Córdoba.  
Director de la Maestría en Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de San Luis.  
Profesor Invitado de la Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano de la Universidad Nacional de Mar del Plata, de la Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Metropolitano de la Universidad de Buenos Aires, de la Maestría en Sistemas Ambientales Humanos de la Universidad Nacional de Rosario y de la Maestría en Salud Materno Infantil de la Universidad Nacional de Córdoba.  
Preside la Fundación para la defensa del ambiente (FUNAM). Premio Nóbel Alternativo 2004 (RLA, Estocolmo, Suecia). Recibió el Premio a la Investigación Científica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica (Universidad Nacional de Buenos Aires), el Premio Global 500 de Naciones Unidas (Bruselas, Bélgica) y el Premio por un Futuro Libre de Nuclear en Salzburgo (Austria).  
Ex Rector de la Universidad Libre del Ambiente.  
Fue Presidente de la Asociación Argentina de Ecología.

© *Copyright by* Raul A. Montenegro (2003, 2006)  
Inscripto en el Registro Nacional de la Propiedad Intelectual  
Hecho el Depósito que marca la Ley 11723

**Córdoba, Argentina.  
Febrero de 2006.**

## EFFECTOS DE LA RADIACIÓN DE MICROONDAS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE.

Por

Dr. Raúl A. Montenegro, Biólogo

### A. INTRODUCCIÓN

En los últimos 80 años se multiplicaron las fuentes de radiofrecuencias y microondas. También creció su distribución, y el tiempo de operación de cada fuente. Muchos equipos trabajan actualmente todo el año. Cada fuente tiene además su propio modelo de operación definido, entre otras variables, por la potencia del equipo, la frecuencia de la onda empleada y la modulación (o no) de esa onda (modulación de frecuencia, modulación de amplitud, modulación del pulso). Dado que las radiofrecuencias y microondas son emitidas por innumerables fuentes que operan al mismo tiempo, lo que "superpone" sus barridos en el espacio, el resultado es un fenómeno general de contaminación electromagnética. Pese a los procesos de apagado y reencendido de equipos, tanto el aumento del número de fuentes como el tiempo de operación de cada fuente alimentan un crecimiento sostenido de la electrocontaminación.

En este complejo proceso de innovaciones tecnológicas la telefonía móvil introdujo una nueva variante: la instalación y funcionamiento de múltiples antenas fijas que emiten en el rango de las microondas, y la multiplicación de miles de pequeñas antenas móviles que emiten (y reciben) microondas (los teléfonos celulares, o "terminales" del sistema). La radiación no ionizante que descargan al ambiente puede afectar la salud humana, otros seres vivos y los ecosistemas. Pero además del riesgo "propio", las microondas de los sistemas de telefonía móvil se agregan a otros contaminantes energéticos y materiales que están actuando simultáneamente sobre los mismos receptores.

Por primera vez en su proceso evolutivo reciente los ecosistemas y las especies vivas enfrentan el efecto combinado de: **(a)** La contaminación masiva y general por radiofrecuencias y microondas, en el rango de los 100 kHz-300 GHz. Hasta hace unas pocas décadas solo existía un débil fondo de radiofrecuencias y microondas de origen natural. **(b)** El mayor ingreso de radiación ultravioleta A, B y C por depleción de la alta capa de ozono. **(c)** La radiación ionizante de origen antrópico (rayos X, rayos Gamma y partículas Alfa y Beta emitidos por materiales radiactivos derivados de procesos de fisión y fusión). **(d)** La contaminación química, y **(e)** La contaminación por especies genéticamente modificadas (OGMs).

En este trabajo se analiza: **(a)** La naturaleza de la radiación electromagnética ionizante y no ionizante. **(b)** La energía necesaria para producir ionización y ruptura de enlaces químicos. **(c)** Los sistemas de telefonía celular y radioemisión y sus antenas. **(d)** Los efectos de la radiación no ionizante de alta frecuencia sobre la salud. **(e)** Otros efectos de las antenas. **(f)** La regulación de la descarga de radiación no ionizante y sus fuentes, y en base a todo lo anterior, y **(g)** La posible situación de riesgo que enfrentan las personas sometidas en Argentina familias cuyas viviendas están ubicadas en cercanía de varias antenas que emiten microondas y radiofrecuencias, y que se combinan con otras fuentes de radiación no ionizante.

## B. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA RADIACIÓN.

### 1. NATURALEZA DE LA RADIACIÓN.

Se entiende por radiación la propagación de energía en forma de ondas o partículas a través del espacio. Esta propagación puede ser mecánica, como ocurre con el sonido a través del aire, o bien electromagnética, en cuyo caso las ondas son independientes de si existe o no un medio de propagación. Estas ondas consisten en campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí que oscilan perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda (Ubeda Maeso, 2001). Una onda electromagnética se caracteriza por su frecuencia (cantidad de ondas por segundo), su longitud y su contenido de energía.

Una onda electromagnética consiste en pequeños paquetes de energía denominados fotones. La energía de cada fotón es directamente proporcional a la frecuencia de la onda. Cuanto mayor es la frecuencia, mayor es la cantidad de energía del fotón. A lo largo del espectro electromagnético la energía de los fotones varía desde  $>1.000.000$  eV, en la franja de los rayos X y rayos Gamma, hasta  $<0,000000001$  eV en la franja de las radiofrecuencias. La porción de las microondas comprende fotones cuya energía varía de 0,01 eV, coincidente con las frecuencias más altas, hasta 0,00001 eV, en su sector de microondas de menor frecuencia. En cuanto a las radiofrecuencias sus fotones de mayor contenido de energía tienen entre 0,00001 eV y 0,000001 eV. Las personas, que actúan también como emisores, generan fotones de 0,1 eV (ver Kangartu y Robitaille, 2001, que citan la representación esquemática elaborada por el *Lawrence Berkeley National Laboratory*).

En función de la energía que tenga la onda electromagnética la radiación puede ser ionizante (RI) o bien no ionizante (RNI).

#### 1.1. Radiación ionizante.

Se denomina radiación ionizante (RNI) a las señales electromagnéticas de frecuencias extremadamente altas, como los rayos X y los rayos Gamma, que transmiten a los átomos y moléculas "blanco" suficiente energía como para desplazar los electrones de sus orbitales atómicos y convertirlos en iones (positivos o negativos). El alto contenido energético de estos fotones provoca la ruptura de los enlaces atómicos y el desarme de estructuras moleculares.

La radiación ionizante es producida por numerosas fuentes: **(a)** Fuentes cósmicas externas (radiación cósmica). **(b)** Materiales radiactivos naturales contenidos en la corteza terrestre, en los ecosistemas y en el interior de los organismos vivos, los que pueden descargar, según sea el elemento, partículas Alfa y Beta, rayos Gamma y "radiación exótica". En 1985 E. Hourani y sus colegas de la Universidad de Paris comprobaron que el radio 226 emite espontáneamente núcleos de carbono 14 (ver Greiner y Sandulescu, 1990: Montenegro, 1999). **(c)** Materiales radiactivos producidos por el ser humano a partir de 1945 (fuentes bélicas, fuentes bélicas experimentales, fuentes civiles) que liberan, según sea el radioisótopo considerado, partículas Alfa y Beta y radiación Gamma. **(d)** Procesos inducidos de fisión que descargan gran cantidad de neutrones al ambiente (bombas de neutrones). **(e)** Dispositivos que tienen fuentes selladas de radioisótopos, como cobalto 60 y cesio 137, y se utilizan en medicina, agricultura, industria, pararrayos radiactivos, detectores de humo etc. **(f)** Materiales radiactivos empleados como marcadores y que se introducen deliberadamente en ambientes y organismos vivos (por ejemplo yodo 131 como

herramienta diagnóstica). **(g)** Dispositivos eléctricos especialmente diseñados para producir rayos X (tubos de Coolidge). **(h)** Aparatos que producen rayos X como energía residual, e **(i)** Radiación solar cuya porción ultravioleta C no haya sido detenida por la alta capa de ozono ( $10^{16}$  a  $10^{17}$  Hz).

La porción ionizante del espectro electromagnético comprende los siguientes tipos de radiación ordenados de mayor a menor frecuencia:

**(a) Los rayos Gamma** ( $>10^{18}$  Hz de frecuencia con  $<10^{-8}$  cm de longitud de onda y energías de  $10^5$  eV y mayores). Son emitidos por núcleos atómicos inestables. Si se los compara con las partículas Alfa y Beta tienen un menor contenido de energía (0,2 MeV en el uranio 238,  $>1$  MeV en el potasio 40) pero poseen un mayor y notable poder de penetración. Parte del espectro correspondiente a rayos Gamma coincide con la porción de espectro de los rayos X duros y de alto contenido de energía (por ejemplo entre los  $10^{20}$  y  $10^{21}$  Hz de frecuencia, cuyos fotones tienen energías que van de los  $10^5$  a  $>10^6$  eV).

**(b) Los rayos X** ( $10^{16}$  a  $>10^{20}$  Hz de frecuencia con  $10^{-6}$  a  $10^{-10}$  cm de longitud de onda y energías de  $10^2$  a  $>10^6$  eV). Actualmente la mayor parte de los aparatos de rayos X y CAT-Scan utilizan tubos modificados de Coolidge. El segmento del espectro correspondiente a rayos X tiene dos porciones principales y sucesivas rayos X blandos (cerca de las frecuencias de la radiación ultravioleta C, con energías que van de los  $10^2$  eV a los  $10^4$  eV), y rayos X duros (cuyos fotones tienen energías superiores a los  $10^4$  eV). Como ya se dijo anteriormente, una parte del espectro de los rayos X coincide, en frecuencia, longitud de onda y contenido de energía con los rayos Gamma ( $10^{20}$  a  $>10^{21}$  Hz).

**(c) La radiación ultravioleta C** de alto contenido de energía ( $10^{16}$  a  $<10^{17}$  Hz de frecuencia con  $10^{-6}$  a  $10^{-4}$  cm de longitud de onda y fotones de 50 a 100 eV). Como ya se dijo anteriormente varios autores consideran la totalidad del segmento ultravioleta (400 a 100 nm) como no ionizante. Otros investigadores en cambio consideran que la UV-C transfiere suficiente energía como para romper los enlaces químicos y la consideran por lo tanto radiación ionizante. Este es el criterio que se adopta en este trabajo (EPA, 2003).

La tecnología humana ha generado asimismo combinaciones particulares entre radiación de muy alto contenido de energía y átomos pesados, radiactivos, que pueden fisionarse (por ejemplo uranio 235 y plutonio 239). En estos casos la radiación (neutrones) puede provocar la ruptura del núcleo atómico, la formación de dos nuevos radioisótopos y la liberación de neutrones que pueden producir a su vez nuevas escisiones (reacción en cadena). Excepcionalmente se han encontrado en África sitios donde ocurrieron en el pasado fenómenos acotados de fisión nuclear espontánea.

## 1.2. Radiación no ionizante.

Se denomina radiación no ionizante a las ondas electromagnéticas que no tienen la energía suficiente para provocar ionización en los átomos y moléculas "blanco". Las porciones no ionizantes del espectro electromagnético se extienden desde las frecuencias extremadamente altas de la luz ultravioleta B y A hasta las frecuencias extremadamente bajas del tendido eléctrico (ELF) y los campos magnéticos y eléctricos de naturaleza estática.

Los campos pueden variar en intensidad y ser de duración continua, discontinua o irregular. Pero a diferencia de los campos estáticos del planeta, que son relativamente constantes, los campos alternos producidos por dispositivos y aparatos construidos

cesan al interrumpirse el flujo de energía. Contrariamente a los materiales peligrosos, que sí pueden acumularse, la radiación no se almacena.

La porción no ionizante del espectro comprende los siguientes tipos de radiación ordenados de mayor a menor frecuencia:

**(d) La radiación ultravioleta B y A** Estos segmentos tienen menor contenido de energía que la UV-C ( $>1$  eV y  $<10$  eV para una frecuencia de  $10^{15}$  Hz). La *Comission Internationale de l'Eclairage* (CIE) aprobó los siguientes nombres comunes para la radiación ultravioleta: UV-A es "luz negra" (315-400 nm de longitud de onda); UV-B es "UV eritemal" o productora de eritemas (280-316 nm), y UV-C es "UV germicida" (100-280 nm). Existen actualmente tecnologías productoras de radiación ultravioleta UV-A para desinfección, bronceado (camas solares), esparcimiento ("luz negra"), detección de billetes falsificados etc. Estas tecnologías suelen asociarse a la producción local de ozono ( $O_3$ ).

**(e) La luz visible** (estrecho segmento ubicado entre  $10^{-14}$  y  $10^{-15}$  Hz, con  $10^{-5}$  a  $10^{-4}$  cm de longitud de onda y una energía  $>1$  eV). La radiación visible procedente del Sol es poco atenuada cuando pasa por las nubes, lo que permite que la fotosíntesis prosiga aún en días nublados (incluso a cierta profundidad en agua clara). La vegetación por su parte absorbe fuertemente las longitudes de onda azul y rojas visibles, menos fuertemente los verdes, muy débilmente las infrarrojas cercanas y muy fuertemente las infrarrojas lejanas (Gates, 1965). Desde el siglo XIX se utilizan tecnologías que generan luz visible blanca y luces con los distintos colores del espectro lumínico. Una lámpara de bulbo emite radiación a una frecuencia que varía entre  $<10^{14}$  Hz y  $>10^{15}$  Hz, con una energía de  $>0,1$  a 5 eV.

**(f) La radiación infrarroja** ( $10^{12}$  a  $>10^{14}$  Hz con  $10^{-2}$  a  $10^{-4}$  cm de longitud de onda y una energía de  $10^{-2}$  a 1 eV). La radiación infrarroja procedente del Sol ingresa como radiación de onda corta. En la superficie terrestre cualquier cuerpo que tenga una temperatura superior al cero absoluto en la escala de Kelvin actúa como emisor de calor (radiación infrarroja de onda larga). La quema de combustibles fósiles, la quema de materia orgánica actual, el vulcanismo y los procesos antrópicos de fisión nuclear descargan importantes cantidades de calor a la atmósfera y al agua. También existen tecnologías generadoras de radiación infrarroja que se utilizan en medicina (lámparas IR,  $>10^{13}$  Hz), sistemas de seguridad y transmisión de señales.

La energía radiante que llega a la superficie de la tierra en un día claro se compone de aproximadamente 10% de luz ultravioleta, 45% de luz visible y 45% de infrarroja (Reifsnnyder y Lull, 1965). La mayor parte de la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre es UV-A pues la alta capa de ozono retiene los segmentos UV con menos de 300 nanómetros de longitud de onda (Odum, 1972). La paulatina disminución de la concentración de ozono en la estratosfera estaría aumentando el ingreso de radiación ultravioleta total y UV de alta frecuencia (ver PNUMA, 1992).

**(g) Las microondas** (300 MHz a 300 GHz), **radiofrecuencias** (3kHz a 300 MHz), **ondas cortas** (300 kHz a 300 MHz), **ondas largas** (300 Hz a 300 kHz) y **frecuencias bajas** (3 a 300 Hz). Además de esta clasificación basada en nombres centralizadores también existen otros sistemas de ordenamiento. A continuación se resume la clasificación en bandas de radiación no ionizante elaborada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

BANDA	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA
Frecuencias extremadamente altas EHF ITU banda n° 11, ondas milimétricas	30 a 300 GHz	10 a 1 mm
Frecuencias super altas SHF ITU banda n° 10, ondas centimétricas	3 a 30 GHz	100 a 10 mm
Frecuencias ultra altas UHF ITU banda n° 9, ondas decimétricas	300 MHz a 3 GHz	1 m a 100mm
Frecuencias muy altas VHF ITU banda n° 8, ondas métricas	30 a 300 MHz	10 a 1 m
Frecuencias altas HF ITU banda n° 7, ondas decamétricas	3 a 30 MHz	100 a 10 m
Frecuencias medias MF ITU banda n° 6, ondas hectométricas	300 kHz a 3 MHz	1 km a 100 m
Frecuencias bajas LF ITU banda n° 5, ondas kilométricas	30 a 300 kHz	10 a 1 km
Frecuencias muy bajas VLF ITU banda n° 4, ondas miriamétricas	3 a 30 kHz	100 a 10 km
Frecuencias ultra bajas ULF (ELF3) ITU banda n° 3	300 Hz a 3 kHz	1Mm a 100 km
ITU banda n° 2, ondas megamétricas Frecuencias super bajas SLF (ELF2)	30 a 300 Hz	10 a 1 Mm
Frecuencias extremadamente bajas ELF (ELF1) ITU banda n° 1	3 a 30 Hz	100 a 10 Mm

**Fuente:** Cristea (2001).

Cristea (2001) utiliza un sistema simplificado de tres grupos: **(a)** Frecuencias bajas en sentido amplio, LFa (300 Hz a 100 kHz). **(b)** Frecuencias medias en sentido amplio, MFa (100 kHz a 10 MHz) y **(c)** Frecuencias altas en sentido amplio, HFa (10 MHz a 300 GHz) (Cristea, 2001).

Las **microondas** (cuyas frecuencias oscilan entre 0,3 y 300 GHz y 1000 a 1 mm de longitud de onda, con una energía de  $10^{-5}$  a casi  $10^{-2}$  eV) comprende, entre otras, las ondas emitidas por radares, la televisión UHF, los hornos de microondas (>2400 MHz), las **antenas de Internet** (*Wireless LAN*, que operan a 2,4 GHz) y las **antenas base de telefonía celular**. Los teléfonos inalámbricos instalados dentro de las viviendas operan a frecuencias que van desde los 45 a los 1800 MHz. Corresponden a las bandas 11, 10 y 9 del ITU respectivamente.

El segmento de las microondas está dividido en tres tramos principales: **(a)** Frecuencias extremadamente altas (**EHF**, 300 a 30 GHz y 1 a 10 nm de longitud de onda). Principales fuentes: radiodifusión, radionavegación. **(b)** Frecuencias super altas (**SHF**, 30 a 3 GHz y 10 a 100 nm). Principales fuentes: satélites, radares, enlaces de microondas, y **(c)** Frecuencias ultra altas (**UHF**, 3 a 0,3 GHz y 100 a 1.000 nm). Principales fuentes: antenas base y telefonía celular (800 MHz a 3 GHz), controles remotos, televisión UHF, hornos de microondas (2450 MHz) y dispositivos de diatermia quirúrgica.

Después de las bandas de microondas se escalonan las radiofrecuencias, cuyos fotones tienen contenidos de energía que varían de  $10^{-5}$  eV en la porción de las muy altas frecuencias, lindantes con las microondas, a los  $<10^{-10}$  eV en el sector de las VLF. Estos son sus principales segmentos: **(a)** VHF (30 a 300 MHz). Principales fuentes: radios FM (76 a 108 MHz), televisión VH, sistemas antirrobo. **(b)** HF (3 a 30 MHz). Principales fuentes: radioaficionados, sistemas antirrobo, electrocirugía, radiocomunicación, diatermia quirúrgica. **(c)** MF (0,3 a 3 MHz). Principales fuentes:

radioteléfonos marinos, radio AM (5,4 a 16 kHz), comunicaciones, termoselladoras, electrocirugía. **(d)** LF (30 a 300 kHz). Principales Fuentes: sistemas de radionavegación y aeronavegación, sistemas antirrobo, monitores de sistemas de computación, fuentes conmutadas, y **(e)** VLF (3 a 30 kHz). Principales fuentes: equipos de soldadura, cocinas de inducción. Corresponde a las bandas n° 8, 7, 6, 5 y 4 del ITU respectivamente.

Luego se suceden las **frecuencias bajas** (0 a 3000 Hz). Sus fotones tienen contenidos de energía inferiores a  $10^{-11}$  eV. Se las divide usualmente en tres segmentos: **(a)** Frecuencias ultra bajas, ULF, o ELF 3 (300 Hz a 3 kHz). **(b)** Frecuencias super bajas, SLF, o ELF 2 (30 a 300 Hz), y **(c)** Frecuencias extremadamente bajas, ELF (ELF1), con una frecuencia de  $>0$  a 30 Hz. Corresponden a las bandas 3, 2 y 1 del ITU respectivamente.

Dado que los sistemas de generación, transmisión y uso de energía eléctrica se utilizan ampliamente en todo el mundo, contribuyen significativamente a la contaminación electromagnética de viviendas, barrios y ciudades. Sus frecuencias más usuales (50-60 Hz) se ubican dentro de la banda ELF2 del ITU.

Fuera de la clasificación anterior se hallan los campos estáticos (0 Hz). Son producidos, entre otras fuentes, por sistemas de levitación magnética, equipos médicos de resonancia y equipos de electrólisis (ver OSU, 1996).

Estas son las cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas más utilizadas, y sus correspondientes unidades en el Sistema Internacional (SI):

CANTIDAD	SÍMBOLO	UNIDAD
Conductividad	$\sigma$	Siemens por metro (S/m)
Corriente	I	Amperio (A)
Densidad de corriente	J	Amperio por metro cuadrado
Frecuencia	f	Hertzio (Hz)
Intensidad de campo eléctrico	E	Voltio por metro (V/m)
Intensidad de campo magnético	H	Amperio por metro (A/m)
Densidad de flujo magnético	B	Tesla (T)
Permeabilidad magnética	$\mu$	Henrio por metro (H/m)
Permisividad	$\epsilon$	Faradio por metro (F/m)
Densidad de potencia	S	Vatio por metro cuadrado ( $W/m^2$ )
Absorción específica	SA	Julio por kilogramo (J/kg)
Tasa de absorción específica	SAR	Vatio por kilogramo (W/kg)

**Fuente:** Ubeda Maeso (2001).

## 2. ENERGÍA NECESARIA PARA PRODUCIR IONIZACIÓN, RUPTURA DE ENLACES QUÍMICOS Y OTROS EFECTOS.

Los distintos tipos de radiación interactúan de muy distinto modo con los materiales. Estas interacciones incluyen fenómenos extremos como la escisión del núcleo atómico (fisión) y procesos de fusión nuclear. La fisión por ejemplo ocurre cuando neutrones lentos impactan sobre los núcleos de los radioisótopos uranio 235 y plutonio 239. Sin embargo los fenómenos primarios más extendidos son la ionización, resonancia, ruptura de los enlaces químicos y calentamiento, que dan lugar a fenómenos

secundarios de todo tipo (mayor proliferación celular, cáncer, alteraciones en la conducta, etc.).

Puede asumirse que los mayores efectos sobre los receptores ocurren cuando: **(a)** Los receptores son química y orgánicamente más complicados, o su nivel de desarrollo y estructura son más sensibles. **(b)** La diversidad de la radiación incidente sobre los receptores es muy alta (muchos tipos de ondas con distinta frecuencia, longitud y contenido de energía), y **(c)** Predomina la radiación que produce más impactos irreversibles a corto, mediano y largo plazo.

Los organismos vivos son particularmente sensibles a las interacciones entre radiación y materia. El resultado dependerá, entre otros factores, de: **(a)** La diversidad de radiación incidente y absorbida. **(b)** La naturaleza de cada una de esas fracciones del espectro electromagnético (frecuencia, longitud de onda, contenido de energía de los fotones). **(c)** Los respectivos tiempos de exposición a esas radiaciones. **(c)** Los correspondientes modelo de exposición (continuo, pulsátil, irregular, alguna otra combinación). **(d)** Su acción simultánea con otros agentes (energéticos, materiales). **(e)** La organización viral, unicelular o pluricelular del organismo. Los virus pueden ser moléculas desnudas de ácidos nucleicos o bien ADN o ARN rodeados de cápsulas protectoras. Las células en tanto pueden tener citoplasma y material genético sin protección nuclear (células procariontas) o bien citoplasma con material genético encerrado en un núcleo permeable (células eucariotas). **(f)** Las características del individuo: tamaño, cantidad de átomos y moléculas (virus), estructura interna de la célula (disposición de los organelos y materiales internos de los organismos unicelulares), cantidad de células en organismos pluricelulares, disposición espacial de esas células y de sus sucesivos niveles de complejidad (tejidos, órganos, sistemas de órganos), relación entre superficie y volumen (virus, células, organismos pluricelulares), densidad (viral, celular, del organismo pluricelular) y vida media. Cuanto mayor sea la expectativa de vida y el tamaño del individuo, mayor será la posibilidad de que lo afecte algún tipo de radiación "atravesante" (por ejemplo radiofrecuencias, microondas, rayos X, rayos Gamma). Se debe tener en cuenta que la estructura, organización interna y metabolismo de los organismos individuales varía: **(f.1)** Con la especie. Actualmente viven en la Tierra de 30 millones a 100 millones de especies vivas, la mayor parte de las cuales son insectos. Entre las organizaciones extremas se hallan por ejemplo el virus de la papa (pequeño, rudimentario y sin capa protectora) y los mamíferos de gran tamaño y alta densidad (un ser humano, una ballena azul), y **(f.2)** Con el nivel de desarrollo del individuo, propio de cada especie (por ejemplo célula sexual, cigoto, embrión, feto, recién nacido, niño, adolescente, adulto en el ser humano). **(g)** La naturaleza de la población que compone ese individuo. En algunas especies el conjunto de individuos conforma poblaciones tan densas que su estructura es similar a la de un organismo pluricelular, y **(h)** La naturaleza y condiciones del ecosistema donde vive el individuo, ya que por su estructura y densidad puede ofrecer algún tipo de protección. Esto sucede con ecosistemas urbanos densos, donde la cantidad de edificios que se interponen entre una fuente y un receptor absorbe parte del total de radiación.

Cuando la radiación produce cambios físicos, químicos y ecológicos en el interior de los virus, células de vida independiente y organismos pluricelulares cabe la posibilidad de que esos cambios sean positivos, neutros o negativos para la supervivencia del blanco. Ello dependerá en parte de la capacidad de las células, tejidos, órganos y sistemas para contrarrestar los efectos que produzca la radiación. Este efecto puede derivarse de la radiación propiamente dicha, o de su interacción con otras formas de radiación, materiales y procesos. La consecuencia suele ser negativa cuando la radiación, asociada o no a otras componentes, energéticas y materiales, supera la capacidad de carga "K" del organismo para resistirla, o para neutralizar sus efectos.

Las consecuencias más impredecibles ocurren cuando: **(a)** El contaminante es totalmente nuevo para el organismo (por ejemplo ciertos tipos de radiación). **(b)** El contaminante no es necesariamente nuevo pero sí la dosis y el modelo de absorción, y **(c)** El organismo carece de información genética y fenotípica para enfrentar ese tipo de contaminación (contaminante nuevo, o contaminante conocido pero a dosis y modelo de absorción nuevos).

La ionización es uno de los fenómenos más impactantes que produce la radiación en el interior de los virus, organismos celulares y organismos pluricelulares. Se asume en general que un fotón puede desplazar los electrones de los orbitales atómicos cuando tiene una energía de 10 eV. Tradicionalmente la línea divisoria entre radiación ionizante y no ionizante se ubica en los fotones con 12 eV, correspondientes a una longitud de onda de 100 nm (WHO, 1981). Robert Kane recuerda sin embargo que la energía necesaria para ionizar depende del átomo considerado. Esta energía varía por ejemplo de 3 eV para el cesio, a 24 eV para el helio. La radiación ionizante puede actuar directamente sobre las moléculas blanco (por ejemplo el ADN) o bien generar sustancias químicas de reacción, como los oxidantes, que pueden dañar la membrana celular. Daños como la formación de dímeros de la pirimidina u otros tipos de alteración del ADN se producen con energías de disociación del orden de unos pocos eV (Kangarlu y Robitaille, 2000).

Abraham Petkau estableció experimentalmente que las bajas dosis de radiación ionizante pueden romper las membranas celulares. Para ello utilizó membranas artificiales irradiadas a bajas dosis (fuente de sodio 22) y altas dosis (fuente de rayos X). Este fenómeno sería una consecuencia directa de la gran producción de radicales libres que generan esas bajas dosis de radiación cuando alcanzan el interior de las células vivas. A este mecanismo se lo denomina "efecto Petkau" (Grueber, 1992; Montenegro, 1999b).

Robert Kane sostiene además que el daño a moléculas biológicas y muy especialmente ácidos nucleicos (ADN, ARN) también puede ser producido por radiación no ionizante. Este tipo de radiación puede romper enlaces químicos covalentes a valores tan bajos de energía como 0,01 eV, una cantidad tres veces menor a la energía requerida para ionizar (Kane, 2003). Fotones con energías de esta magnitud se encontrarían en microondas de ultra alta frecuencia (UHF) ( $>10^{12}$  Hz).

La energía radiante es absorbida por el cuerpo humano mediante tres procesos. El primero es llamado "Efecto antena". El cuerpo y sus partes reciben y absorben las señales de radiofrecuencias y microondas con una absorción resonante que es función del tamaño de las partes del cuerpo y la longitud de onda de la señal. Para un hombre adulto de 1,80 metros de altura la frecuencia óptima de absorción es próxima a 70-77 MHz. Esta tiene una longitud de onda de 4,3 m. El cuerpo actúa como una media-onda dipolo que interactúa fuertemente con una media-longitud de onda próxima al tamaño del cuerpo. Un mono, en tanto, interactúa con una longitud de onda de 1 metro y una media longitud de onda de 0,5 m (300 MHz). Su absorbencia es similar a la de un niño humano. Cuando el tamaño del cuerpo que intercepta la radiación se aproxima al tamaño de la longitud de onda, la energía absorbida es máxima. (Hitchcock y Patterson, 1995; Macfarlane, 1999; Cherry, 2001b).

El Efecto antena también se relaciona con partes del cuerpo, como brazos y cabeza. En un adulto típico esta última tiene un ancho de 15 cm. Semejante ancho se corresponde con una media longitud de onda para una señal de microondas de 1 GHz, próxima a las frecuencias utilizadas en telefonía celular (Cherry, 2001b).

En los teléfonos celulares y antenas base se utilizan frecuencias de 900 a 1800 MHz o más. Aunque los adultos no se encuentran cerca del óptimo de absorción, si lo están los fetos, bebés recién nacidos y niños pequeños. En base a datos de Hitchcock y Patterson y Durney y otros sobre hombre adulto, mono y ratón, estimamos que para un feto con 5-10 centímetros de altura la frecuencia resonante sería de unos 2400 MHz. Esta frecuencia corresponde al segmento de las microondas de ultra alta frecuencia (UHF) (Hitchcock y Patterson, 1995; Cherry, 2001b).

El segundo mecanismo comprende el acople de la señal y el tejido. La señal lo penetra e interactúa con las capas tisulares y las células. Este proceso se relaciona con la constante dieléctrica y el tipo de conductividad del tejido, que varía en forma notable con la frecuencia.

El tercer mecanismo es el proceso de absorción biofísica, que involucra la absorción resonante por sistemas biológicos como el cerebro o las células. La absorción resonante ocurre cuando una frecuencia natural es estimulada por una señal impuesta, de frecuencia similar a la frecuencia armónica. Los receptores de radio y televisión usan al mismo tiempo el Efecto antena y el principio de Absorción Resonante (Cherry, 2001b).

Las microondas y radiofrecuencias pueden generar por ejemplo: **(a)** Fenómenos de resonancia en los núcleos atómicos y a otros niveles de organización de la materia. **(b)** Aumento de la temperatura interna en células y tejidos expuestos (derivado por ejemplo del movimiento que inducen las microondas en moléculas de agua). **(c)** Distintas reacciones químicas. **(d)** Cambios en el flujo de iones y en la distribución de radicales libres. **(e)** Agitación de grandes poblaciones moleculares al interior de cada célula. **(f)** Posible agitación de los organelos celulares e inducción de cambios en su disposición. **(g)** Posible ocurrencia de los fenómenos citados (agitación molecular, agitación de organelos, cambios en la disposición interna de la célula) en tejidos, órganos y sistemas de órganos, y **(h)** Posible alteración de la organización y metabolismo de las células, tejidos, órganos y sistemas de órganos como consecuencia de los factores anteriores, asociados o no con factores preexistentes.

El trabajo "Biología celular y molecular asociada con los campos de radiación de los teléfonos móviles", de W. Ross Adey, es una excelente revisión y propuesta de enfoques para comprender la complejidad de los fenómenos químicos y biológicos que ocurren al interactuar la materia viva con las frecuencias extremadamente bajas, las radiofrecuencias y las microondas (Adey, 1999). Uno de los fenómenos analizados es el efecto de las radiofrecuencias sobre el retraso impuesto a los radicales libres, cuya vida activa se halla en el rango del nanosegundo o menos. Esto puede influenciar la tasa y cantidad de los productos que están involucrados en una reacción química (McLauchlan, 1992; Adey, 1999).

Esta importante línea de trabajo enfatiza el rol de los radicales libres en los sistemas vivos en su doble rol: **(a)** Como mensajeros y mediadores en numerosos procesos clave que regulan las funciones celulares, y **(b)** Como agentes patofisiológicos en las enfermedades por *stress* oxidativo (Adey, 1999). Lander (1997) señaló que se estaba comenzando a entender la transducción de señales con radicales libres. En los procesos de regulación normal, desde el tejido nervioso al sistema circulatorio, son esenciales para el accionar de ciertas hormonas, el transporte de iones, la neuromodulación de los ritmos del EEG, la muerte celular programada (apoptosis) y el control vascular de la erección del pene (Lander, 1997). Su exceso puede dañar irreversiblemente numerosas biomoléculas, incluidas proteínas y fosfolípidos. Los intermediarios del oxígeno reactivo pueden incluso matar células. Las enfermedades de Parkinson y de Alzheimer, algunas formas de epilepsia, enfermedades de las

arterias coronarias, envejecimiento y cáncer pueden ser atribuidas al stress oxidativo que produce la acumulación de radicales libres (Das, 1995). La radiación no ionizante, incluso a bajas, muy bajas y extremadamente bajas dosis, puede provocar cambios en estos y otros sistemas atómicos y moleculares de la materia viva.

Tal cual se expresó antes existen efectos primarios (por ejemplo el impacto de radiofrecuencias y microondas sobre enlaces covalentes de una molécula), y “n” efectos derivados (secundarios, terciarios etc.) que varían desde alteraciones por exceso o disminución de iones y hormonas hasta cáncer y cambios en la conducta. Dada la complejidad de los sistemas vivos la radiación absorbida puede disparar fenómenos de todo tipo a nivel químico, celular, tisular, de órganos, sistemas de órganos y organismo.

Se debe enfatizar, sin embargo, que ninguna célula, tejido, órgano, sistema de órganos, organismo o ecosistema (por citar algunos niveles observables de complejidad) está sometida a un único agente energético o material que los pueda alterar. Siempre actúa más de un agente resultado de la diversidad cuali-cuantitativa de las fuentes. Cualquiera sea el sitio considerado es prudente considerar: **(a)** La diversidad de las fuentes generadoras (hay varias fuentes). **(b)** La diversidad de los agentes que genera cada fuentes (diversidad de agentes por fuente). **(c)** La presencia simultánea de varios agentes procedentes de varias fuentes. **(d)** Las dosis de cada agente, resultado de la naturaleza de la emisión (cantidad de material, energía de los fotones), y de los modelos de emisión (continuos, discontinuos, irregulares). **(e)** Su potencial para ser absorbido por distintos receptores, etc.

Los nuevos impactos, por otra parte, se agregan a impactos ya existentes, en su mayoría tampoco estudiados (aproximadamente el 80% del total de sustancias químicas conocidas, por ejemplo, carece de evaluación toxicológica) (ver PNUMA, 1992). En el caso particular de población expuesta a campos magnéticos variables con altas densidades de flujo (por ejemplo  $>0,3-0,4 \mu\text{T}$ ) ya “preexisten” posibles efectos primarios. En base a los trabajos metaepidemiológicos de Greenland y otros (2000) y Ahlbom y otros (2000) la exposición de niños a campos magnéticos de  $0,3-0,4 \mu\text{T}$  puede aumentar en 1,7-2,0 veces el riesgo de que contraigan leucemia.

Kangarlu y Robitaille, por su parte, han hecho una cuidadosa revisión de los efectos biológicos que tienen los campos magnéticos estáticos y el Sistema de Imágenes por Resonancia Magnética (MRI), una tecnología donde se combina artificialmente magnetismo estático y radiofrecuencias. Entre los varios efectos de los campos magnéticos que ellos analizan, destacan muy especialmente la Susceptibilidad Diamagnética Anisotrópica (DSA). Ambos autores indican que la naturaleza de la DSA y su contribución a la transferencia de energía se debe a la magnetización de las células humanas. Esta magnetización hace que las células experimenten un torque rotacional por efecto del campo magnético estático. Aclaran sin embargo que dado que el cuerpo humano es diamagnético y sus tejidos tienen una susceptibilidad muy baja, la interacción DSA es bastante débil en comparación con la fuerza de Lorentz (Kangarlu y Robitaille, 2000). Entre las características de los organismos vivos que influyen sus interacciones con los campos magnéticos y posiblemente electromagnéticos figuran, por ejemplo, la naturaleza diamagnética de las moléculas de agua, de etanol, de acetona y de las proteínas sin átomos metálicos, y el carácter paramagnético de las moléculas de oxígeno y de los eritrocitos (ver Kangarlu y Robitaille, 2000).

Al mismo tiempo cada célula, tejido, órgano, sistema de órganos, organismo o ecosistema tiene características propias de variación interna que condicionan fuertemente: **(a)** Los efectos de un material o energía en particular, y **(b)** Los efectos

resultantes de la interacción entre varios agentes ("n" agentes materiales, "n" agentes energéticos, "n" agentes materiales y energéticos). Más abajo volveremos a considerar el efecto combinado de más de un factor (variación de los factores y sus características) sobre un receptor, y cómo el efecto (también usualmente complejo) es un resultado de la interacción entre esos factores combinados (y sus respectivas dosis), y la variación del receptor.

En el caso particular del ser humano existen variaciones atribuibles al nivel de desarrollo del blanco (cigoto, embrión, feto, niño, adolescente, adulto, etc.), y variaciones poblacionales al interior de cada una de esas categorías de desarrollo (variación entre cigotos, variación entre embriones, variación entre fetos, variación entre niños, variación entre adolescentes, variación entre adultos). Los criterios oficiales de protección (niveles permitidos de exposición que contienen distintas leyes, decretos o resoluciones por ejemplo) no contemplan necesariamente la situación más desfavorable de ciertos receptores muy sensibles, como las células sexuales, los cigotos, los embriones, los fetos y los niños de 1-3 años. Usualmente se protege más el interés económico de los generadores de agentes de riesgo (por ejemplo empresas eléctricas, empresas de telefonía celular, operadores de materiales radiactivos etc.), y mucho menos la salud de las personas. Esto transforma a los receptores individuales y poblaciones en objetos de experimentación.

Cuando los estudios epidemiológicos o metaepidemiológicos demuestran relación estadísticamente válida entre la exposición a algún agente y determinado efecto, se hace más rigurosa la norma (si existía), o se incorpora a la legislación el nuevo factor y los nuevos límites. Para un ciudadano común es difícil comprender porqué un habitante de Suiza expuesto al campo magnético de frecuencias extremadamente bajas (tendido eléctrico por ejemplo) solo puede recibir 1 microtesla de densidad de flujo magnético ( $1 \mu\text{T}$ ), y un argentino, en cambio, 25 microteslas ( $25 \mu\text{T}$ ). Esto mismo ocurre con la densidad de potencia que recomienda la propuesta de Salzburgo y el "Objetivo de calidad" de Italia, de  $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , y los valores que permite en cambio la legislación Argentina para microondas:  $0,95 \text{ mW}/\text{cm}^2$  (para 1900 MHz) y  $0,45 \text{ mW}/\text{cm}^2$  (para 800 MHz) (ver ICCTS, 2001).

Lamentablemente el uso de tecnología generadora de radiación no ionizante se generalizó sin que se estudiaran previamente sus efectos negativos sobre el ser humano a corto, mediano y largo plazo.

Los estándares de la ICNIRP/WHO/EU adoptados por muchos países, entre ellos la Argentina, fueron establecidos en base a los efectos térmicos irreversibles de corto plazo que tienen las radiofrecuencias y microondas. Este abordaje dejó sin consideración un importante rango de procesos, fenómenos y tiempos de exposición.

En la actualidad existe un inaceptable desconocimiento de los efectos negativos que provocan las radiofrecuencias y microondas sobre las formas no humanas de vida (30 a 100.000.000 de especies estimadas), y sobre los ecosistemas que esas especies integran. Este vacío es todavía más grave cuando se considera que en la mayor parte de los ecosistemas naturales o balanceados (terrestres, acuáticos) decrece geométricamente su superficie, volumen, biodiversidad y densidad ecológica. La progresiva y general simplificación de los ecosistemas, asociada a crisis internas de todo tipo, hace que sus individuos y poblaciones tengan una menor resistencia a los factores externos de disturbio. Pese a ello, no se han hecho esfuerzos para desarrollar estándares que protejan a los ecosistemas y sus poblaciones de los actuales niveles de exposición a radiofrecuencias y microondas.

Organismos internacionales como la ICNIRP solo consideran la exposición humana adulta de corto plazo referida a efectos térmicos. Esta visión parcial e incompleta puede tener graves consecuencias para las personas y los ecosistemas balanceados. En estos últimos su compleja estructura interna con gran heterogeneidad de moléculas, niveles de organización y biomasa puede estar sufriendo los impactos de las radiofrecuencias y microondas.

Además del sesgo que se observa en el estudio y protección de los receptores, que está prácticamente limitado al ser humano y los animales de laboratorio, se advierte una escasa voluntad por parte de las empresas, gobiernos y ciertos organismos internacionales para aplicar el Principio de Precaución. Esta reticencia puede obedecer a varias causas, entre ellas los intereses económicos de las compañías que producen y operan tecnologías, la vinculación de ciertos sistemas con intereses militares o de seguridad (por ejemplo radares, satélites de comunicación), la confrontación entre mala y buena ciencia, y el generalizado desconocimiento que tiene la sociedad civil sobre los efectos negativos de las RF y MW.

### 3. RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS.

Las radiofrecuencias y microondas se encuentran naturalmente en el ambiente, pero la intensidad de la radiación natural en el rango de los 100 kHz-300 GHz es extremadamente baja en comparación con la radiación del mismo rango generada por tecnologías humanas.

La intensidad de los campos naturales se debe en su mayor parte a la electricidad atmosférica, que tiene un campo eléctrico, estático, de 100 V/m (IVA Committee, 1976; citado por WHO, 1981). Las emisiones de radio procedentes de las estrellas, entre ellas el Sol, contribuyen a la radiación natural de frecuencias altas. Su aporte en el rango de los 100 kHz-300 GHz es bastante bajo, aproximadamente 10 pW/cm<sup>2</sup>. Ello se debe, en parte, al efecto pantalla de la ionosfera.

A nivel de superficie terrestre existen numerosas anomalías electromagnéticas naturales dentro del rango de los 100 kHz-300 GHz, causadas en su mayor parte por tormentas eléctricas. Según Lomar y colaboradores (1969) y Cherry (1999) la densidad de potencia durante un ciclón es de  $>0,0027 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  y en un anticiclón de  $<0,00027 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Se producen así campos electromagnéticos en una amplia gama de frecuencias, con una intensidad máxima de campo de aproximadamente 10 kHz (Minin, 1974 e IVA Comité, 1976; citados por WHO, 1981).

Dentro del rango de los 100 kHz-300 GHz la mayor parte de la radiación que se encuentra actualmente en la atmósfera, suelos, organismos y masas de agua es de origen antrópico. Radiofrecuencias y microondas se suman a la radiación producida en la franja de las bajas frecuencias ( $<100 \text{ KHz}$ ), también antropógenas, para generar electrocontaminación o electropolución. A diferencia de lo que ocurre con sustancias químicas, cuyas moléculas pueden mantener su particular estructura durante muchísimo tiempo, y luego transformarse en organizaciones más simples o más complejas, la radiación no ionizante de origen antrópico cesa al ser absorbida (ya que se transforma en otros tipos de energía), o al dejar de operar la fuente (sistemas *on-off*).

La descarga masiva y permanente de radiación de alta frecuencia (RF, radiofrecuencias + MW, microondas) es un fenómeno reciente que supera en varios órdenes de magnitud la radiación natural. Además de crecer la energía irradiada como RF y MW también ha venido aumentando la gama de frecuencias utilizadas.

Se debe tener en cuenta que los ecosistemas y sus especies, entre ellas la humana, evolucionaron mayoritariamente sin electropolución de alta frecuencia. Desde hace unas pocas décadas la situación cambió. El 12 de diciembre de 1901 Guglielmo Marconi recibió en St. John, Newfoundland (actual Canadá) la primera señal de radio transatlántica. El mensaje en código morse (tres letras "s") había sido emitido desde Poldhu en Cornwall (Gran Bretaña). A partir de este primer logro la evolución tecnológica de los sistemas de generación y recepción de señales se aceleró. Las sucesivas innovaciones permitieron a su vez incipientes desarrollos industriales y comerciales. En 1909 Charles D. Herrold instaló la primera estación de radio en San José (California, Estados Unidos) predecesora de la primera radio organizada, KDKA de Detroit, que comenzó sus transmisiones en 1920. Desde entonces se han multiplicado las tecnologías generadoras de radiofrecuencias y microondas, y el número de fuentes fijas y móviles. Esta multiplicación de generadores transformó la electrocontaminación localizada y discontinua en un fenómeno global y permanente. Los ecosistemas y las especies vivas se han transformado en receptores de descargas masivas, crecientes y continuadas de ondas de alta frecuencia. Al haber evolucionado en ambientes donde predominaban otras porciones del espectro electromagnético, con cantidades pequeñas de radiofrecuencias y microondas de origen natural, los ecosistemas y especies enfrentan una situación totalmente nueva. Han pasado a formar parte activa e involuntaria de impredecible experimento abierto. Lo preocupante de este experimento es que se agrega a otros experimentos simultáneos (la contaminación química y la contaminación radiactiva por ejemplo), y la creciente simplificación de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

#### **4. FUENTES DE RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS.**

Las fuentes de radiofrecuencias y microondas se dividen en tres grandes grupos: **(a)** naturales, **(b)** Antrópicas intencionales, y **(c)** Antrópicas no intencionales.

##### **(a) Fuentes naturales.**

Ya se indicó que para las frecuencias ubicadas en el rango de los 100 kHz a 300 GHz los campos naturales de radiación son muy bajos. Las principales fuentes son las estrellas, y dentro de estas, por su proximidad a la Tierra, el Sol. Osepchuk (1979) calculó el fondo de exposición al Sol, integrado hasta los 300 GHz, en  $1 \times 10^{-5} \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . El ser humano es otro emisor natural. Justesen calculó que el flujo integrado de RF y MW emitido por un cuerpo humano puede alcanzar los  $0,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Justesen 1979) (citados por WHO, 1981)

##### **(b) Emisores antrópicos intencionales.**

Estas fuentes tienen por lo general un elemento radiante (la antena) diseñado para emitir ondas electromagnéticas al ambiente de acuerdo a un cierto patrón. El punto de origen, la frecuencia y la dirección de la propagación dependen de los equipos disponibles y de su forma de uso. Por principios físicos y fallas en el diseño es común que estas instalaciones tengan pérdidas.

Entre los emisores intencionales figuran estaciones de radio y televisión, antenas de telefonía móvil, antenas de servicios de internet (*Wireless LAN*), radares, sistemas satelitales y dispositivos inalámbricos de comunicación. Entre las variables que los caracterizan figuran la potencia de los equipos (clasificados como de alta, media y baja potencia), la configuración del campo emitido y la propagación de las ondas en función del tipo de antena, y el modo de generación de señales (continuo o pulsado, de operación permanente, discontinua o irregular). Las fuentes de mayor potencia son los radares y sistemas satelitales. En 1974 había en los Estados Unidos 20 fuentes no

pulsantes con una potencia efectiva radiada (ERP, *effective radiated power*) de 5 GW a 31,6 GW, y una fuente experimental con 3,2 TW. Otras 20 fuentes pulsantes (radar) tenían un ERP promedio que variaba de 8,7 MW a 840 MW con picos de ERP de 35,4 GW a 2,8 TW (Hankin, 1974). Estos valores contrastan con las decenas de kilovatios de potencia de las antenas de telefonía móvil y las radios AM (usualmente 50 kW) y los pocos vatios de los radioteléfonos (WHO, 1981).

### **(c) Emisores antrópicos no intencionales.**

Estas fuentes incluyen una amplia gama de tecnologías que no han sido diseñadas para emitir RF y MW al ambiente. Los hornos microondas, que suelen operar a 2450 MHz, pueden tener pérdidas pese al diseño de fábrica. Los tubos de luz fluorescente, por ejemplo, que trabajan dentro del rango de la luz visible, también generan pequeños niveles de radiofrecuencias y microondas o "ruido blanco" (Mumford, 1949; citado por WHO, 1981).

### **(d) Exposición a los emisores intencionales y no intencionales.**

En Argentina no existen estudios que permitan conocer, para un tiempo y zonas determinadas, los niveles base de radiofrecuencias y microondas. Están disponibles, en cambio, series dispersas de mediciones de buena calidad para numerosas antenas de telefonía celular, radio y televisión, y sus alrededores. La EPA consideraba, en la década de 1980, que las grandes ciudades industriales de países altamente industrializados estaban expuestas a densidades de potencia del orden de unos  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . La OMS, en su Criterio de Salud Ambiental para Radiofrecuencias y Microondas (1981), estima que las personas de edificios muy altos que viven cerca de antenas de radio y televisión pueden estar expuestas a niveles que varían desde unos pocos  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  a unos pocos  $\text{mW}/\text{cm}^2$ . Para 1978 Tell y Mantiply calcularon que el 50% de la población urbana de los Estados Unidos estaba expuesta a un nivel menor de 5  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , un 95% a menos de 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  y un 99% a menos de 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$   $\text{mW}/\text{cm}^2$  (1978, citado por WHO, 1981). Actualmente el 1% de la población está expuesto a valores que superan los 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Ubeda Maeso, 2001).

Si bien las antenas de telefonía celular y el uso de portátiles ha generado una justificada preocupación por sus efectos, llama la atención que no se haya producido ese mismo interés, público y privado, por la radiación que generan las antenas de radio FM, televisión y radios AM. Las radios FM, que operan a frecuencias mucho más altas que las radios AM, deberían ser especialmente monitoreadas. La ciudad de Córdoba, por ejemplo, tiene gran cantidad de antenas, de distintos tipos, que operan a diferentes frecuencias y potencias y que se hallan distribuidas en la trama urbana. En numerosos casos sus lóbulos y "plumas" de contaminación se superponen, aumentando la posibilidad de que en esos sitios los valores de densidad de potencia sean altos. Existen además azoteas con inusuales cantidades de antenas. El edificio Angela, en la ciudad de Córdoba, el más alto del Ejido Municipal, tiene 37 antenas en su azotea (2002).

Sin perjuicio de las mediciones que se realizan caso por caso, urge poner en marcha un programa de evaluación del nivel base actual e identificar, en las principales ciudades de la provincia, las fuentes de radiofrecuencias y microondas de mayor riesgo. Tales estudios, sin embargo, no deberían limitarse a considerar, como límites tolerables de emisión, los actualmente vigentes en Argentina. Las debilidades de los criterios ICNIRP/WHO/EU se discuten más adelante.

## LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA CELULAR.

### 1. NATURALEZA DEL SISTEMA.

La telefonía móvil es un servicio de telecomunicación que se presta entre al menos un usuario de localización no determinada (móvil), situado dentro de un área definida, y otros usuarios con aparatos móviles o fijos. Entre las principales características de la telefonía móvil se distinguen: **(a)** Utilización de radiocanales. **(b)** Uso de la célula o celda como unidad patrón de la cobertura. **(c)** Conmutación o traspaso (*Hand-off* o *Hand-over*). **(d)** Seguimiento o *Roaming* y **(e)** Formalización de redes de conmutación en malla o jerarquizadas (Guzmán, 1995).

El proceso evolutivo reciente de la telefonía móvil tuvo dos etapas principales. Los sistemas de primera generación fueron analógicos. El protocolo entre terminal móvil y estación base se producía mediante modulación análoga. De las terminales colocadas en vehículos (NMT-450) se pasó a los TACS portables de 1990. Estos equipos trabajan en la banda de los 900 MHz. (frecuencias ETACS 872-915 MHz y TACS 917-960 MHz). Se desarrolló luego una segunda generación de equipos. Estos eran digitales. De los GSM de mediados de 1995 se pasó a los GSM-1800 de 1999 que tenían una mayor capacidad. En Argentina se adoptaron el GSM (*Global System for Mobile*) y el DCS (*Digital Communication System*). Es un sistema totalmente digital orientado a la transmisión de datos. Opera en las bandas de 900 y 1800 MHz (GSM 900: 890-915 y 935-960 MHz; DCS 1800: 1710-1880 MHz). Por último los equipos de tercera generación UMTS avanzan notablemente sobre los conceptos de multimedia móvil (Guzmán, 1995).

En un sistema de telefonía celular se distinguen: **(a)** Las terminales o teléfonos móviles (portátiles, portables y “tracs”). Los teléfonos portátiles suelen tener una potencia de emisión que oscila entre 0,6 y 2 W. **(b)** Las estaciones base. Son los puntos de conexión del terminal (o teléfono portátil) con la red celular. Cada célula o celda tiene un área de servicio o cobertura. Las estaciones base están constituidas por: **(b.1)** Antenas que reciben y transmiten la señal de microondas desde y hacia el terminal móvil. Son por lo general de dos tipos: omnidireccionales para dar servicio en un área circular, y sectoriales, aptas para zonas urbanas y de topografía acentuada. **(b.2)** Las casetas, donde se ubican los equipos electrónicos transmisores y receptores de radio, y **(b.3)** Las centrales de conmutación encargadas de organizar la red (Guzmán, 1995).

### 2. LAS ANTENAS DE TELEFONÍA CELULAR.

Las antenas base de telefonía celular generan ondas electromagnéticas (radiación no ionizante) de muy alta frecuencia (microondas) para la transmisión de información. Operan a frecuencias que oscilan entre los 800 MHz y los 2 GHz. Mientras que la longitud de onda en las radios FM es de unos 3 metros, en la telefonía celular suele ser de unos 30 centímetros (contra el millón de metros que pueden tener las ondas de frecuencias extremadamente bajas, ELF). El tamaño de la onda es importante para los fenómenos de resonancia. Los embriones, fetos y bebés recién nacidos recibirían una mayor cantidad de energía que los adultos, producto de su mayor frecuencia resonante (ver arriba).

Las antenas reales son multitudes de dipolos elementales. En las estaciones base se utilizan por lo general dos tipos distintos de antenas: **(a)** Antenas de baja ganancia, tipo varilla y **(b)** Antenas de alta ganancia, formadas por una red direccional de varillas de una sola ala. Tanto en el caso de las antenas varillas como en el caso de las redes direccionales, en una estación base se juntan antenas emisoras y receptoras. Desde el punto de vista de las estructuras y evolución del campo electromagnético las

antenas receptoras son idénticas a las emisoras (son recíprocas). Los tres principales parámetros técnicos de las antenas son la ganancia "G", la directividad "D" y el patrón de radiación (Cristea, 2001).

Las antenas trabajan a potencias ERP que varían desde unas pocas decenas de vatios hasta 1000 o más vatios. Para el análisis del comportamiento de sus campos suele distinguirse el campo cercano (cerca de la antena) y el campo lejano (ver arriba). A continuación se describe el comportamiento de los lóbulos generados por dos antenas, una de baja ganancia y otra de alta ganancia (direccional). Se tomaron como base los diagramas incluidos por Moulder en su trabajo sobre las antenas de telefonía celular y la salud (Moulder, 2000; adaptados de Unisite Inc.). Para facilitar el análisis, se considera aquí que cada lóbulo de emisión está compuesto por "n" sublóbulos, arbitrarios. Cada sublóbulo es el resultado de unir los puntos de igual densidad de potencia. Las líneas equipotenciales con mayor contenido de energía definen sublóbulos más pequeños que las equipotenciales de menor contenido de energía.

Para una antena de baja ganancia con un ERP de 1000 W, con dos lóbulos, perpendiculares a la antena y de sentido opuesto, este es su comportamiento: **(a)** Para el campo lejano (desde los 12 metros de distancia de la antena hasta los 30 metros). **(a.1)** Sección vertical de media antena (correspondiente a uno de los dos lóbulos): la línea equipotencial de los  $0,010 \text{ mW/cm}^2$  define un sublóbulo principal, de mayor contenido de energía, oblongo y cerrado, que llega hasta los 30 metros de distancia de la antena. La línea de los  $0,001 \text{ mW/cm}^2$ , en tanto, forma un segundo sublóbulo bastante más abierto que el principal. **(a.2)** Sección horizontal: la emisión es circular. Las sucesivas líneas equipotenciales, con menor contenido de energía a medida que se alejan de la antena, definen sublóbulos concéntricos. La línea de los  $0,010 \text{ mW/cm}^2$  define un lóbulo que llega hasta 30 metros de distancia de la antena. **(b)** Para el campo cercano (desde la antena hasta los 12 metros), sección horizontal: las líneas equipotenciales definen sucesivos sublóbulos circulares. El principal, correspondiente a la línea de los  $0,60 \text{ mW/cm}^2$ , llega hasta los 3 metros, y la línea de los  $0,06 \text{ mW/cm}^2$ , por ejemplo, a los 12 metros de distancia de la antena.

Para una antena de alta ganancia con un ERP de 1000 W y un único lóbulo de emisión este es su comportamiento: **(a)** Para el campo lejano (desde los 12 metros de distancia de la antenas hasta los 30 metros). **(a.1)** Sección vertical de la antena: la línea equipotencial de los  $0,010 \text{ mW/cm}^2$  define un sublóbulo "principal" de mayor contenido de energía, bastante estrecho (de poca altura) y cerrado, que llega hasta los 30 metros de distancia de la antena. La línea de los  $0,001 \text{ mW/cm}^2$  define un segundo sublóbulo, de menor contenido de energía, algo más abierto que el anterior. **(a.2)** Sección horizontal: la emisión es semicircular. La línea equipotencial de los  $0,010 \text{ mW/cm}^2$  define un sublóbulo con forma de hoja latifoliada que llega hasta los 25 metros de distancia. El contorno equipotencial de los  $0,001 \text{ mW/cm}^2$ , en tanto, conforma un segundo sublóbulo, muy abierto, que barre más de la mitad del semicírculo. **(b)** Para el campo cercano (desde la antena hasta los 12 metros), sección horizontal: las líneas equipotenciales generan sucesivos sublóbulos excéntricos. La línea de los  $0,60 \text{ mW/cm}^2$  conforma un sublóbulo principal, subcircular, que se extiende hasta 1 metro de distancia de la antena. Las sucesivas líneas equipotenciales (por ejemplo  $0,06 \text{ mW/cm}^2$ ,  $0,006 \text{ mW/cm}^2$  etc.), con menores cantidades de energía, barren en cambio espacios cada vez más amplios.

A fin de evaluar los efectos de una antena base de telefonía móvil debe obtenerse la siguiente información sobre sus características técnicas: **(a)** Cuál es el sistema con que se opera (Analógico, IDen, CDMA, TOMA, GSM). **(b)** Cual es el modelo de propagación radiante. **(c)** Cual es la polarización de la antena. **(d)** Cual es la máxima potencia radiada por canal. **(e)** Cual es la ganancia en dB de la antena. **(f)** Cual es el

equipo de amplificación (solicitar modelos y número). **(g)** Cuales son las frecuencias de transmisión y recepción a las que opera. **(h)** Cuales son los ERP y EIRP del modelo de radiación del lóbulo principal. **(i)** Cual es el mínimo nivel de potencia a nivel del suelo con la mínima cantidad de canales. **(j)** Cual es el máximo nivel de potencia a nivel del suelo con la máxima cantidad de canales. **(k)** Cual es el número mínimo de canales en operación. **(l)** Cual es el número máximo de canales en operación. **(m)** Cuales son los ángulos de inclinación físicos y eléctricos de la antena, y **(n)** Cual es la ganancia en dB del amplificador montado en la torre (Parkinson, 2002).

También es útil obtener información sobre los aspectos administrativos e institucionales de la antena base: **(a)** Empresa propietaria y operadora de las instalaciones (datos identificatorios). **(b)** Persona, consorcio o compañía que alquila el sitio. **(c)** Autorización del Municipio, de la Provincia y de la Nación para su instalación. **(d)** Copia del documento de Evaluación de Impacto Ambiental. **(e)** Acta donde conste el acuerdo de todos los propietarios para alquilar el predio (si se trata de un consorcio) y **(f)** Seguro.

## **D. EFECTO DE LAS RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS SOBRE LAS PERSONAS, OTROS ORGANISMOS Y EL AMBIENTE.**

### **1. FACTORES QUE CONDICIONAN LOS EFECTOS.**

Los efectos que producen los campos electromagnéticos de radiofrecuencias y microondas dependen de varios factores.

#### **1.1. Modelo de operación de la fuente.**

Es el cronograma de funcionamiento de una fuente. Puede operar: **(a)** En forma permanente y sin interrupciones. **(b)** En forma semipermanente pero con un cierto cronograma de interrupciones y reencendidos. **(c)** En forma irregular e impredecible, o **(d)** Combinando estas alternativas.

Las antenas de telefonía móvil, por ejemplo, tienen un patrón de funcionamiento permanente. Dentro de ese modelo de operación la mayor o menor cantidad de teléfonos celulares que se utiliza al mismo tiempo provoca una mayor o menor emisión, respectivamente, de microondas. En la ciudad de Córdoba el mayor uso de las terminales se registra durante la mañana y el mediodía (10:00-14:00 horas), y por la tarde (17:00-22:00 horas). Los menores consumos se dan durante la noche.

#### **1.2. Potencia de la fuente.**

Alude a la potencia nominal de la fuente, o a su potencia irradiada efectiva (ERP, *effective radiated power*). La potencia define el alcance que tendrá la onda generada. Los valores ERP de los grandes radares y fuentes para sistemas satelitales suelen superar los 3,2 TW, mientras que en las antenas de telefonía móvil varía desde unas decenas de vatios a 1000 W. Por lo general, cuanto mayor es la fuerza del campo mayores son los posibles efectos. En algunos casos, sin embargo, es posible registrar efectos ventana. Cuando esto ocurre los impactos se observan a bajos y altos niveles, pero no a niveles intermedios (Macfarlane, 1999).

### 1.3. Frecuencia y longitud de onda.

Las frecuencia y longitud de onda están relacionadas directamente. Cuanto mayor es la frecuencia, menor la longitud de onda y más importante el contenido de energía de los fotones (Macfarlane, 1999). A nivel de ondas de radio AM los fotones tienen un contenido de energía de hasta 0,00000001 eV, mientras que en las microondas sus fotones alcanzan los 0,01 eV. Debe recordarse que los fotones de los rayos Gamma, ionizantes, suelen tener energías superiores a los 100.000 ev.

### 1.4. Modulación del campo.

Las modulaciones son cambios en el campo debidos a variaciones de la frecuencia, de la amplitud o del pulso. Los efectos sobre los seres vivos varían en función del carácter pulsátil o continuo de las ondas, y del modelo de operación de la fuente (permanente, semipermanente o irregular, ver arriba).

Las señales usadas en el sistema digital GSM de telefonía móvil "centellean" a una frecuencia de 217 veces por segundo. Estos *flashes* se interrumpen a intervalos de frecuencias más bajas, que se aproximan, por ejemplo, a las frecuencias de las ondas cerebrales Alfa (Huidobro Camarero, 2001).

### 1.5. Geometría de la emisión.

El particular tipo de antena y la potencia con que opera determinará la geometría de la radiación emitida (barrido). El barrido de las antenas omnidireccionales (más utilizadas en zona llana) es diferente por ejemplo al barrido de las antenas direccionales (muy utilizadas en ambientes con topografía acentuada). En todos los casos los lóbulos de emisión generan una compleja oferta de densidades de potencia.

La emisión desde una cierta fuente define: **(a)** Porciones de barrido perpendiculares a la antena o ligeramente inclinadas hacia el suelo, que tienen los mayores contenidos de energía. **(b)** Porciones de superposición entre los lóbulos de emisión de dos o más antenas direccionales, y **(c)** Porciones de barrido con densidades de potencia progresivamente menores.

Los organismos y objetos que se interponen en el recorrido de las microondas más direccionadas (porción de barrido perpendicular a la antena o ligeramente inclinado) pueden recibir las mayores cantidades de energía. Esto ocurre por ejemplo en edificios de cierta altura ubicados a distancias críticas del emisor. En los edificios de departamentos cuyas azoteas tienen una o más antenas, los lóbulos de emisión pueden depositar energía en las terrazas y balcones cercanos.

### 1.6. Distancia desde la fuente.

Las características de las ondas cambian a medida que aumenta su distancia a la fuente. En las cercanías de la fuente opera el llamado "campo cercano" de naturaleza muy compleja (ver el punto anterior). A distancias que son múltiplos de la longitud de onda (el "campo lejano") los campos son más predecibles. En general los mayores efectos de las estaciones base se suelen observar en zonas del campo lejano (Macfarlane, 1999). Como resultado de todo lo anterior, y para condiciones conocidas de barrido desde la fuente de radiofrecuencias y microondas, es clave la distancia a la que se encuentra el receptor.

### 1.7. Resonancia.

La cantidad de energía absorbida depende principalmente del tamaño y volumen del receptor, y de su capacidad reflectante. La absorción de energía es máxima cuando el tamaño del cuerpo receptor se aproxima al tamaño de la longitud de onda. Cuanto mayor es el cuerpo receptor, menor es su frecuencia de resonancia (Macfarlane, 1999; Hitchcock y Patterson, 1995).

Se ha propuesto que cuando la frecuencia de la irradiación se aproxima a la "frecuencia de resonancia" (correspondiente a una longitud de onda que es aproximadamente 2,5 veces el eje longitudinal del cuerpo) suelen observarse valores más altos de SAR (Kangarlu y Robitaille, 2000).

El fenómeno de resonancia magnética se produce primariamente cuando la radiación alcanza los núcleos de átomos con números impares de protones. En los sistemas de obtención de imágenes por Resonancia Magnética Nuclear (*Magnetic Resonance Imaging*, MRI) el "blanco" son los átomos de hidrógeno.

### 1.8. Reflexión.

El barrido de microondas puede encontrarse con superficies de poder reflectante que las redireccione. En este caso la geometría esperada de barrido no se cumple, generándose asimetrías y barridos secundarios. Estos barridos secundarios, que son en realidad microondas redireccionadas, pueden imponer densidades de potencia inesperadamente altas o por lo menos no calculadas en las personas y objetos alcanzados.

La precariedad o inexistencia de estudios previos a la instalación y operación de antenas base de telefonía móvil hace que numerosos fenómenos de distorsión, redireccionamiento y magnificación puedan ocurrir sin que los afectados lo sepan. Esto es particularmente válido en ciudades, donde la complejidad de los materiales y la variabilidad de su disposición y geometría hace que los barridos puedan tener un comportamiento estocástico.

### 1.9. Refracción y absorción.

Las radiofrecuencias y microondas que son emitidas al aire por distintos tipos de antena pueden encontrar medios más densos durante su recorrido (agua, paredes de ladrillo sólido o hueco, cemento, cemento con entramado de metal, organismos vivos etc.) que modifican su comportamiento. Entre los receptores de mayor complejidad interna se hallan los organismos vivos pluricelulares. Esta complejidad, derivada de la existencia de gran cantidad de células y de sucesivos niveles de complejidad (tejidos, órganos, sistemas de órganos, organismo completo), se traduce en una notable y poco predecible variación de las composiciones químicas y densidades. El organismo humano no puede ser reducido a un saco de agua salada con propiedades conductoras. Por esta razón las radiofrecuencias y microondas incidentes, que en su relación con la materia y la energía locales participan de múltiples fenómenos (generación de corrientes eléctricas, resonancia magnética nuclear etc.), producen campos y deposiciones de energía no uniformes (ver WHO, 1981).

### 1.10. Naturaleza del receptor.

Esta componente es muy variable. Alude al tamaño, forma, orientación respecto de la fuente, composición química, contenido de agua, densidad y otras características

propias del receptor. Los receptores pueden ser divididos en dos grandes grupos: **(a)** Receptores abióticos y **(b)** Receptores bióticos.

### 1.10.1. Receptores abióticos.

Ya se indicó anteriormente que los efectos de las microondas pueden variar sustancialmente con la composición química y geometría de los blancos. En algunos objetos metálicos que conducen electricidad las radiofrecuencias pueden producir fenómenos muy homogéneos de resonancia acompañados por un aumento notable de la temperatura. En las ciudades existen habitualmente numerosos elementos constructivos y materiales, inorgánicos, que por su particular sensibilidad a la radiación electromagnética pueden provocar fenómenos de reflexión y refracción, o de resonancia magnética nuclear.

Recientemente se han desarrollado algunos materiales especiales de bajo peso que podrían absorber quizás las radiofrecuencias y microondas. Ronald F. De Meo, del equipo RST, logró desarrollar un material liviano, Demron, que detiene eficientemente los rayos X y Gamma, y las partículas Alfa y Beta. Este mismo material o algún derivado podría utilizarse quizás para detener RF y microondas. El Demron es un compuesto de polímeros (poliuretano y cloruro de polivinilo) al que se agregan varias sales orgánicas e inorgánicas que bloquean la radiación ionizante. Estas sales suelen tener números atómicos muy altos que las tornan efectivas para detener rayos y partículas. El Demron actúa de dos modos según sea el tipo de radiación incidente. Los rayos X y Gamma son absorbidos (vía efecto fotoeléctrico), en cuyo caso su energía se disipa como calor, o son llevados a un nivel alterado de energía (vía efecto Compton), tras lo cual son absorbidos o desviados por las partículas del material (Ashley, 2003).

### 1.10.2. Receptores bióticos.

En los organismos vivos su particular tamaño, forma, orientación respecto de la fuente, composición química, contenido de agua, densidad, permanencia en un determinado sitio (continua, semicontinua, irregular, etc.) y edad condicionan la magnitud de los efectos. Una de las componentes fundamentales es la naturaleza prional, viral, unicelular y pluricelular del organismo expuesto, la variabilidad de sus niveles de desarrollo (en el ser humano cigoto, embrión, feto, niño de 1-3 años etc.), y la variabilidad genética y fenotípica al interior de cada uno de estos universos (en el ejemplo dado variabilidad de los cigotos, variabilidad de los embriones, variabilidad de los fetos, variabilidad de los niños de 1-3 años, etc.). Los modelos de absorción son distintos, por ejemplo, en los niños y en los adultos (Lai, 2000).

Ya se indicó antes, al tratarse los fenómenos de resonancia, que cierta aproximación entre el tamaño del receptor y el tamaño de la longitud de onda de las radiofrecuencias y microondas podría maximizar la cantidad de energía que se deposite en el receptor (Macfarlane, 1999; Hitchcock y Patterson, 1995).

Otras dos componentes de importancia en los receptores humanos son: **(a)** La hipersensibilidad a las radiofrecuencias y microondas y sus efectos, y **(b)** La componente psicológica de la población expuesta.

#### **(a) Hipersensibilidad orgánica.**

La hipersensibilidad es en realidad una componente de la curva normal de Gauss, ya que se corresponde con una de las "colas" de esa función (la de la mayor sensibilidad a un factor cualquiera). Existen segmentos de la población que por su particular

naturaleza son más sensibles a ciertos efectos. En general la población correspondiente a cada etapa del desarrollo humano tiene su propia curva de Gauss para determinado factor de riesgo (cigotos, embriones, fetos, niños de 1-3 años, etc.). Numerosos trabajos han investigado fenómenos de electrosensibilidad, electrosupersensibilidad y "dermatitis de la pantalla" (Johansson y Liu, 1995; Gangi y Johansson, 2000).

### **(b) Sensibilidad psicológica.**

Hasta el momento de producirse este informe, los operadores de fuentes de radiofrecuencias y microondas, los organismos de regulación y los investigadores no han podido demostrar su inocuidad. El debate técnico resultado de este hecho, enrarecido por la existencia simultánea de buena y mala ciencia, genera dudas e inquietud en la población. Esta inquietud es genuina, explicable y real, sobre todo dada la difusión pública que ha tenido la controversia técnica. Al no resolverse esta controversia persisten las dudas y distintos grados de miedo en la población expuesta. La sociedad percibe que es parte de un experimento no voluntario a gran escala, donde la exposición a cantidades variables de densidades de potencia es paralela a la realización de estudios sobre sus efectos.

Del mismo modo que pueden construirse curvas de Gauss para las sensibilidades orgánicas a RF, microondas, radiación ionizante y sustancias químicas, también es posible hacerlo, al menos teóricamente, para sensibilidades psicológicas. Esta sensibilidad depende de: **(a)** La naturaleza del agente (las RF y microondas no se perciben fácilmente). **(a)** La información cultural endosomática almacenada en la neocorteza que comprende la información recibida sobre el tema y muy especialmente la falta de acuerdo técnico sobre los efectos de las radiofrecuencias y microondas. **(b)** La información cultural exosomática, que incluye, por ejemplo, la percepción física de las antenas, el debate social sobre sus efectos, etc. y **(c)** Las componentes heredadas de la conductas pero modificables socialmente que se relacionan con el temor, la angustia, la violencia, etc. (Montenegro, 2002). Otras componentes culturales que inciden sobre esta cuestión son la devaluación de las propiedades, los conflictos entre consorcistas de edificios que han aceptado sin consenso la instalación de una antena base en su azotea, los riesgos de caída de mástiles, la afectación del paisaje, etc.

### **1.10.3. Combinación entre receptores abióticos y bióticos.**

La presencia de materiales conductores de la electricidad y de sustancias magnéticas en muchos organismos vivos forma parte de su composición normal. En el ser humano por ejemplo el hierro es una componente genéticamente determinada de la hemoglobina que se encuentra en los eritrocitos, y que participa en el fenómeno pulmonar del intercambio gaseoso, en la distribución de oxígeno y en la recolección de dióxido de carbono (respiración).

La magnetita es otra componente normal de muchos organismos ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Kirsching y Lowenstam (1979) reportaron la presencia de cantidades traza en tejidos animales (incluidos seres humanos) y materiales de laboratorio (por ejemplo medios para cultivo de tejidos). Estos autores proponen que la magnetita tiene una gran importancia en los mecanismos a través de los cuales las microondas producen efectos biológicos (Kirsching y Lowenstam, 1979; Kirschvink, 1996). La magnetita es un excelente absorbente de frecuencias entre 0,5 y 10 GHz gracias al al proceso de resonancia ferromagnética. En este proceso el vector del campo incidente causa la precesión de los magnetones de Bohr alrededor del campo interno, desmagnetizado, del cristal. La energía absorbida en este proceso se transduce primero en vibraciones acústicas, a la frecuencia de la microonda (efecto magnetoacústico). Esta energía es disipada luego

por las estructuras celulares ubicadas en la proximidad de los cristales de magnetita (Kirsching y Lowenstam, 1979; Kirschvink, 1996; Adey, 1999).

También existen materiales buenos conductores de la electricidad que se introducen artificialmente en el organismo humano para cumplir funciones pasivas y activas (piezas dentales metálicas, clavos ortopédicos, marcapasos cardíacos, etc.). Además de estas componentes endosomáticas las personas también suelen utilizar objetos metálicos conductores muy cerca de su piel, sobre ella o en la vestimenta. Estas particulares combinaciones de materiales vivos e inertes pueden interactuar en forma particular con las radiofrecuencias y microondas, y generar distintos efectos negativos. En su trabajo sobre los efectos biológicos de la generación de imágenes por Resonancia Magnética (MRI) Kangarlu y Robitaille citan 6 casos de daño por radiofrecuencias en personas que estaban siendo sometidas a diagnóstico. En su mayoría fueron quemaduras por objetos de metal accidentalmente presentes junto a las personas, entre ellas piezas de plomo, cables de ECG e instrumental metalizado de medición, y que la radiación calentó (Kangarlu y Robitaille, 2000).

### 1.11. Multiplicidad de fuentes y agentes energéticos.

En ningún caso la densidad de potencia generada por una antena base de telefonía móvil es única y exclusiva de un cierto espacio. Cualquier espacio tiene un cierto contenido de "ruido electromagnético" o mezcla de agentes y de densidades de esos agentes. Los organismos vivos están expuestos por lo tanto a su conjunto y a los efectos resultado de su acción simultánea. Un organismo humano puede estar recibiendo al mismo tiempo densidades de flujo magnético procedentes de líneas de media tensión (13,2 kV) combinadas con líneas de baja tensión (220 V), y densidades de potencia procedentes antenas base de telefonía móvil, antenas de radios FM, teléfonos celulares, etc.

Bill Curry, de *Meci Consulting Co*, demostró cómo la radiación de dos antenas de telefonía celular, medida en densidad de potencia, fue amplificada 6 a 10 veces por la adición vectorial que producían las ondas de una radio FM situada a 6 kilómetros de distancia. En las actas de la "*International Conference on Cell Tower Siting*" realizada en Salzburgo (Austria) se indica que este hallazgo es de gran importancia para evitar que las estaciones base de telefonía móvil se localicen en sitios donde pueda registrarse adición vectorial. Sostiene asimismo que la noción de adición vectorial podría ser útil para explicar modelos de distribución de síntomas y enfermedades en estudios epidemiológicos (ICCTS, 2000).

Cuando se instala una antena base en área poblada, su frecuencia, longitud de onda y contenido de energía se suma a las otras formas de energía radiantes que allí preexistían (radiofrecuencias, microondas, radiación ionizante). Cuando esto sucede aumenta el fondo (el *cocktail* de radiaciones) y por lo tanto los riesgos asociados. En ciudades industriales de los Estados Unidos se hallan niveles basales promedio, para radiofrecuencias, de  $50 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . En estas ciudades aproximadamente el 1% de la población está expuesta a densidades de potencia superiores a los  $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$  (Ubeda Maeso, 2001).

Una de las combinaciones poco consideradas es la acción simultánea, en una persona, de las radiofrecuencias y microondas que emite alguna antena próxima, y las radiofrecuencias y microondas que emiten, por ejemplo, las antenas de sus propias emisoras (radioaficionados), teléfonos celulares, teléfonos inalámbricos y hornos de microondas. En cualquier vivienda cuyos habitantes operen estas tecnologías se combinan ambos impactos, y estos, a su vez, con los impactos que generan otras formas residuales y no residuales de energía.

En zonas urbanas los organismos también reciben el impacto de los ruidos molestos y de la radiación infrarroja de onda larga. Se debe tener en cuenta que el recalentamiento global por sobre efecto invernadero está aumentando estacional y anualmente en muchas ciudades el *stress* térmico (ver PNUMA, 1992). Algunos órganos, como los ojos, tienen una escasa capacidad para disipar el calor. Otros órganos, como los testículos, deben permanecer a temperaturas ligeramente inferiores a la del cuerpo humano. En estos casos el efecto térmico de las radiofrecuencias y microondas puede combinarse negativamente con la mayor temperatura ambiental. La temperatura global de la superficie terrestre subió 0,6 °C desde 1860. Nueve de los diez años más calientes registrados en este período de 143 años ocurrieron en las últimas dos décadas. De hecho el siglo XX fue el más caliente de los últimos 600 años, y todo parece indicar que esta tendencia al aumento continuará y se agravará (ver PNUMA, 1992).

### **1.12. Concurrencia de agentes energéticos y materiales.**

Esta variable no suele ser considerada por los operadores de fuentes de radiación no ionizante. Tanto el ambiente por el que se desplazan las ondas producidas (barrido) como los organismos vivos que las reciben están sometidos a contaminación química.

Dado que las formas vivas no suelen responder al modelo "un agente-un efecto" sino al de "múltiples agentes-múltiples efectos" el posible impacto de las radiofrecuencias y microondas se agrega a los impactos de otros contaminantes materiales (contaminación del agua, contaminación del aire, contaminación de los alimentos, existencia de contaminantes químicos dentro del organismo blanco, etc.). Muchos de estos contaminantes son pre-existentes a la instalación, por ejemplo, de una antena base de telefonía móvil, o se agregan en forma impredecible durante su vida útil.

Debe quedar en claro que el actual nivel de información y conocimientos torna muy difícil cuali-cuantificar los efectos múltiples por agentes múltiples, pero la existencia comprobada de efectos atribuibles a las radiofrecuencias y microondas (efectos térmicos, efectos atérmicos, efectos no térmicos) incorpora indudablemente más riesgo potencial al organismo receptor. Esta componente y muchas otras de gran significado no suelen ser informadas a la población por los operadores de fuentes de radiofrecuencias y microondas, ni por los organismos de gobierno. En el caso particular de la empresas de telefonía celular sus servicios estarían incluidos en los alcances del Artículo 6 de la ley nacional de Defensa del Consumidor n° 24240, "Cosas y servicios riesgosos".

### **1.13. Ubicación y permanencia de los receptores.**

Las personas están expuestas durante su vida a "n" fuentes de radiofrecuencias y microondas, y "n" valores SAR. Esta exposición depende de sus modelos de vida y de la interacción que cada tipo de conducta establezca entre la fuente y el receptor. Cuando una persona desconoce la existencia de una fuente y de uno o más agentes de riesgo, su exposición es involuntaria. Esto ocurre en la mayor parte de los casos de exposición en zona urbana.

Aunque actualmente las fuentes que más identifican los ciudadanos son las antenas de telefonía celular, en particular aquellas ubicadas sobre mástiles, existen "n" fuentes, algunas de riesgo, que no son percibidas. Estas incluyen emisores intencionales, como antenas de radio FM, radares (sobre todo en aeropuertos), antenas de televisión, antenas de radio AM y antenas de radioaficionados, y emisores no intencionales (como la pérdida de radiación por hornos de microondas). El particular

comportamiento y territorio de cada persona determinará su nivel de exposición a estas "n" fuentes.

Los barridos producidos desde las antenas base de telefonía móvil tienen comportamientos (ya analizados) que se traducen en determinadas "ofertas" de densidad de potencia, esto es, energía radiante disponible en el espacio. Tanto la localización que tengan los receptores humanos respecto de estos barridos (lugar de contacto entre onda y receptor) como el modelo de permanencia individual en dicho sitio (continua, semicontinua, irregular, etc.) influirán en los niveles de absorción y los efectos. En términos de sitios críticos de exposición Macfarlane distingue dos situaciones principales:

**(a)** En las azoteas de edificios de departamentos y edificios comerciales que tienen jardines y otras instalaciones recreativas a las que concurren muchas personas. Macfarlane indica que los escasos datos disponibles sugieren que si las torres de transmisión están en esas azoteas, las personas que usan esos sectores de los edificios podrían estar expuestas a los límites que fija en Canadá el Código 6 (Cleveland y Ulcek, 1999; Moulder, 2000). Los estándares del Código 6 de Canadá son similares a los de Argentina pues están basados en los criterios ICNIRP/WHO/EU. Dichos valores, extremadamente conservadores y poco efectivos para proteger la salud de las personas, son analizados más adelante.

**(b)** En las azoteas, balcones y ventanas abiertas de edificios vecinos a la antena base de telefonía móvil o antena de radiofrecuencias. La altura y ubicación que tengan esas azoteas, balcones y ventanas abiertas puede hacer que reciban importantes densidades de potencia, incluso a valores mucho más grandes que los registrados en el edificio donde está la antena, o al nivel del suelo y a 50-100 metros de la proyección de esa antena. Las medidas que se realizan habitualmente en edificios de departamentos para evaluar las densidades de potencia en distintos puntos no incluyen mediciones en aquellos puntos críticos de edificios próximos, o que están a distancias y localizaciones de mayor riesgo.

## 2. EFECTOS EL SOBRE SER HUMANO Y ANIMALES DE LABORATORIO.

### 2.1. Efectos orgánicos.

Las ondas de radio y muy especialmente las microondas producen tres grupos de efectos: **(a)** Efectos térmicos. **(b)** Efectos atérmicos y **(c)** Efectos no térmicos. Esta división convencional es hasta cierto punto arbitraria, ya que separa, en muchos casos, fenómenos estrechamente asociados.

Neil Cherry, investigador de la *Lincoln University Christchurch*, sostiene que los campos electromagnéticos de las estaciones de telefonía móvil son probables factores de riesgo para la población expuesta. Entre las serias enfermedades que provocaría esta exposición menciona desórdenes neurológicos, cáncer, enfermedades cardíacas y alteraciones reproductivas (Cherry, 2001).

Huai Chiang, del Laboratorio de Microondas de la Escuela de Medicina (Universidad de Zhejiang) investigó los efectos de campos electromagnéticos de alta frecuencia sobre población expuesta. En China el estándar de exposición para el público es de  $100 \text{ W/m}^2$  para frecuencias de 300 MHz a 300 GHz. Chiang asoció esa exposición a los siguientes síntomas y desórdenes: dolor de cabeza, fatiga, insomnio o somnolencia, disminución de la memoria, cambios en el registro electrocardiográfico (ECG con bradicardia  $<50/\text{minuto}$ , desplazamiento hacia abajo del ST-T) y reducción de los trombocitos y linfocitos. También registró una serie de síntomas no específicos,

entre ellos incremento de las neurosis, pequeños cambios a nivel de sistema circulatorio periférico, sistema ocular y funciones inmunes no específicas (Chiang, 2000).

### **2.1.1. Efectos térmicos.**

Este fenómeno ocurre cuando la radiación tiene suficiente energía para provocar un aumento medible de la temperatura en una persona y otros seres vivos (por ejemplo más de 0,1 °C). Los efectos térmicos son relativamente bien conocidos. Incluyen cambios en la termorregulación, función endocrina, metabolismo cardiovascular, respuesta inmune, actividad del sistema nervioso y comportamiento (Elder, 1987; Roberts y otros, 1986; Cleary, 1990; Adey, 1999; Lai, 2000).

Estudios hechos en animales de laboratorio mostraron que cuando se los somete a valores muy altos de radiofrecuencias y microondas, sufren efectos que varían desde reacciones locales y necrosis hasta *stress* térmico por hipertermia. La muerte por hipertermia se produjo con exposiciones que variaban desde unas decenas de  $\text{mW}/\text{cm}^2$  hasta varios cientos de  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , dependiendo del tamaño del animal y su biomasa (WHO, 1981).

#### **(a) Efectos sobre los ojos.**

La exposición a las radiofrecuencias y microondas puede ser de riesgo para los ojos, ya que por sus características morfológicas y fisiológicas tienen una escasa capacidad para disipar el calor que generan las ondas. Exposiciones altas se asocian con daños en retina, iris y córnea, pudiendo producirse cataratas.

Se ha comprobado que la exposición aguda causa daños irreversibles en los ojos. La córnea y el cristalino son particularmente susceptibles a los efectos que producen frecuencias ubicadas en el rango de 1-300 GHz. La córnea está sometida a un gran riesgo entre los 10 y 300 GHz, y el cristalino a valores de 1 a 10 GHz. Para exposiciones de corto plazo la formación de cataratas se asocia a densidades de potencia de 150-200  $\text{mW}/\text{cm}^2$ . También ocurren lesiones en la retina (WHO, 1981).

Experimentos realizados con animales de laboratorio mostraron efectos a frecuencias de 2450 MHz (frecuencias continuas y pulsátiles), y valores SAR de 5,3 a 7 W/kg (Kues y otros, 1985; Macfarlane, 1999). En conejos expuestos a una radiación de 2450 MHz durante 160-240 minutos, con un SAR de 26,5 W/kg, la temperatura de la superficie de la córnea se incrementaba en 3 °C. Esto producía un edema que desaparecía dentro de la semana después del experimento (Carpenter y otros, 1960).

Los efectos sobre los ojos de las radiofrecuencias y microondas pueden ser mayores cuando estos sufren, previa o simultáneamente, otros tipos de presión. Por ejemplo trabajo o permanencia en un ambiente muy caluroso y seco, exposición a radiación ultravioleta, etc.

#### **(b) Efectos sobre los testículos.**

Los testículos del hombre se hallan usualmente a algunos centígrados por debajo de la temperatura corporal. Este efecto se logra gracias a la particular ubicación (externa al cuerpo principal), aislación térmica, gran superficie de los escrotos y enfriamiento por perspiración radiante. La exposición de los genitales masculinos a radiofrecuencias y microondas podría hacer aumentar su temperatura, y afectar la producción de espermatozoides.

En experimentos de laboratorio se observó que machos de ratas anestesiadas expuestos a 30W/kg y 8-10 W/kg sufrieron una depleción del tejido germinal de sus testículos (Sander y Kowalczyk, 1981; Lebowitz, Johnson y Samson, 1987). Sin embargo, ratas no anestesiadas expuestas a dosis agudas de 20 W/kg y ratas concientes expuestas a valores de hasta 9 W/kg no sufrieron cambios en sus funciones testiculares (Cairnie y Harding, 1981; Lebowitz y Johnson, 1987). La exposición crónica de machos de ratas a un SAR de 5,6 W/kg durante un total de 80 horas distribuidas en 4 semanas, lo que produjo un aumento de 37,5 °C en la temperatura testicular, ocasionó esterilidad pasajera (Berman, Carter y House, 1980).

### **(c) Efectos sobre el desarrollo.**

Se conoce que el sobre calentamiento del útero materno causa anomalías en el desarrollo embrional y fetal (O'Conner, 1980; Lary y Conover, 1987). En experimentos de laboratorio el aumento de la temperatura de rata hasta 43 °C provocado por una exposición de 11 W/kg fue suficiente para inducir muerte embrional y fetal, o el desarrollo de anomalías (Lary y otros, 1982; 1983; 1986).

La exposición crónica de ratas preñadas a un SAR de 6-7 W/kg y una temperatura resultante de 39-41 °C indujo retardo en el desarrollo de las crías y sutiles cambios en el comportamiento de los recién nacidos (Jensh, Vogel y Brent, 1982; Jensh, Weinberg y Brent, 1983).

Varios autores han mostrado que cuando los aumentos de temperatura son sustanciales se producen cambios genéticos (Elder, 1987; Michaelson y Lin, 1987; Blackman, 1984).

En tanto la temperatura del cuerpo materno no suba por encima de 39 °C por tiempos prolongados no habría efectos adversos sobre los embriones y fetos, pero Kangarlu y Robinette sostienen que son necesarios más estudios (Kangarlu y Robinette, 2000).

### **(d) Efectos sobre el comportamiento.**

Los efectos térmicos más claros de las radiofrecuencias y microondas se registran a nivel de comportamiento. D'Andrea observó alteraciones del comportamiento en ratas sometidas a valores SAR de 1,5 a 3,6 W/kg (1300 MHz), y de 0,4 a 0,7 W/kg (2450 MHz) (D'Andrea, 1991).

### **(e) Otros efectos y limitaciones de los efectos térmicos como único indicador de riesgo.**

Sage indica que a valores ubicados por debajo de los límites de absorción específica recomendados por la INCIRP, de 4 W/kg y 0,08 W/kg, numerosos estudios muestran diversos efectos biológicos y afectación de la salud humana (Sage, 2000).

Michael Kundi, del Instituto de Salud Ambiental de la Universidad de Viena en Austria, indica que el solo uso del calentamiento de los tejidos como indicador de efectos es insostenible pues no protege la salud humana de la radiofrecuencias y microondas (Kundi, 2000; ICCTS, 2000).

#### **2.1.2. Efectos atérmicos**

Estos ocurren cuando las ondas absorbidas transfieren suficiente energía para aumentar la temperatura de las células y tejidos, pero dicho incremento no se produce debido a mecanismos de refrigeración interna, externa o una combinación de ambas.

### 2.1.3. Efectos no térmicos.

Pese a la multiplicidad de trabajos, muchos de ellos contradictorios, este es el universo que más efectos agrupa. La literatura registra efectos biológicos a niveles SAR muy por debajo de los 0,08 W/kg que adoptaron muchos países, y a densidades de potencia tan pequeñas como  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Debe recordarse, sin embargo, que los estándares desarrollados por ICNIRP/WHO/EU se basan mayoritariamente en efectos térmicos de naturaleza irreversible para exposiciones de corto plazo.

Entre los efectos más conspicuos se mencionan: **(a)** Efectos sobre la proliferación celular. **(b)** Cambios en las membranas celulares y el flujo de iones. **(c)** Cambios en la barrera hematoencefálica **(d)** Cambios en la concentración de la enzima ornitín decarboxilasa (ODC). **(e)** Cambios en la concentración de la hormona melatonina. **(f)** Efectos sobre el sistema nervioso central (SNC). **(g)** Efectos sobre la conducta. **(h)** Daño genético. **(i)** Efectos sobre el desarrollo. **(j)** Cáncer, y **(k)** Otras consecuencias.

#### **(a) Efectos sobre la proliferación celular.**

Clearly y otros (1990) hallaron un incremento de la proliferación celular para distintos valores de SAR (5-50 W/kg), 2 horas de exposición y una frecuencia de 2450 MHz. Esta mayor proliferación se observó a todas las dosis. Trabajando con una frecuencia más baja, de 27 MHz, 2 horas de exposición y valores SAR de 5 a 50 W/kg también observaron mayor proliferación. Esto ocurrió a todas las dosis.

Kwee y Rasmark observaron por el contrario una reducción de la proliferación celular al trabajar con una frecuencia de 960 MHz, valores SAR de 0,21 a 2,1 mW/kg (con una modulación de frecuencia de 217 Hz), y 20 a 40 minutos de exposición. La reducción de la proliferación se registró a exposiciones de 30 minutos o más (Kwee y Rasmark, 1996). Estudios como los de Stagg y otros, en cambio, no hallaron este efecto (Stagg y otros, 1997). Sin embargo, tanto el aumento como la reducción de la proliferación muestran cambios que no deberían ocurrir si las radiofrecuencias y microondas fueran inocuas o carecieran de efectos.

#### **(b) Cambios en las membranas celulares y el flujo de iones.**

Desde hace años se conoce que la resonancia magnética producida en los átomos celulares (NMR, "*proton nuclear magnetic resonance*"), resultado de los campos electromagnéticos, desencadena diversos efectos biológicos. Por ejemplo, incremento de la tasa de división celular en bacterias; mayor síntesis de ADN en fibroblastos humanos y modificación intracelular del intercambio de iones (Lang y Hendrickson, 1988).

El flujo de iones a través de las membranas celulares es fundamental para numerosos procesos biológicos (calcio, sodio, potasio). Más de la tercera parte de todo el ATP (adenosina trifosfato) que utiliza un animal en reposo es consumida por el mecanismo de bombeo de iones (bombas de sodio-potasio) (Curtiss, 1985). Cualquier alteración significativa de estos intercambios tendría efectos múltiples y de difícil predicción en el organismo humano.

Varios estudios han demostrado que los campos de frecuencias extremadamente bajas (ELF) y las radiofrecuencias impactan el movimiento de los iones calcio, sodio y potasio a través de las membranas celulares. Estos efectos se han observado a niveles de exposición de 0,2 a 200 W/kg para frecuencias ubicadas entre los 27 MHz y los 10 GHz (RSC, 1999). Aunque la Sociedad Real de Canadá indica que el

significado de tales efectos es desconocido, debe recordarse que la mayoría de las células mantiene un gradiente de concentración diferencial de iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) a través de la membrana celular. El  $\text{Na}^+$  es mantenido en baja concentración dentro de la célula y el  $\text{K}^+$  en alta concentración. Este gradiente de concentración es utilizado por las células nerviosas para propagar el impulso nervioso.

Exposiciones a radiofrecuencias y microondas de 1 KHz, 2450 MHz y 8,3 GHz alteran el transporte de los iones  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  y  $\text{Na}^+$  en la membrana plasmática de los eritrocitos (Alis y Sinha-Robinson, 1987).

Bawin, Kaczmarek y Adey demostraron en 1975 la habilidad de las ondas electromagnéticas para aumentar el flujo de iones de calcio hacia el exterior de la célula. Estos investigadores hallaron un notable incremento del flujo de  $\text{Ca}^{+2}$  en cerebros de pollos expuestos a 147 MHz modulados con frecuencias entre 3 y 35 Hz, con un pico pronunciado en 16 Hz (Bawin, Kaczmarek y Adey, 1975). Esta propiedad ha sido utilizada como marcador en los experimentos *in vitro* dedicados a evaluar los efectos de las radiofrecuencias y microondas sobre el sistema nervioso. No sería dosis dependiente. Por el contrario, muestra "efecto ventana".

Según Hitchcock y Patterson estos cambios en el flujo de iones de calcio carecen de gradiente. No se esperan por lo tanto mayores efectos a mayores frecuencias, ni a mayores densidades de potencia (Hitchcock y Patterson, 1995). Tales cambios en el flujo de iones de calcio se han registrado a valores tan bajos como 0,05 W/kg para una radiofrecuencia de 915 MHz (Dutta y otros, 1984; RSC, 1999; Macfarlane, 1999).

Tenforde (1993) resumió algunos de los mecanismos de acción a nivel molecular. Los campos electromagnéticos de baja frecuencia pueden alterar las propiedades funcionales de las membranas celulares, y producir cambios en el segundo mensajero que señala las vías mediadas por el  $\text{Ca}^{+2}$ , los nucleótidos y quinasas cíclicas, y la expresión de genes alterados (transcripción y traslado) (Adey, 1990; Tenforde, 1991; Goodman y Henderson, 1991).

### **(c) Cambios en la barrera hematoencefálica.**

La barrera hematoencefálica es una monocapa de células del lecho capilar que previene la formación de ultrafiltrados plasmáticos. Las células endoteliales del sistema nervioso central se hallan íntimamente conectadas, carecen de fenestración y muestran pocas vesículas pinocíticas. Estas características estructurales del endotelio vascular cerebral constituyen una barrera para controlar el paso de sustancias de la sangre al SNC. La barrera hematoencefálica regula el entorno nutritivo y homeostático del cerebro permitiendo el ingreso de sustancias a través de tres mecanismos: **(a)** Rutas extracelulares. **(b)** Difusión plasmalemal y **(c)** Sistemas selectivos de transporte (Cacabelos, 2003). Su alteración facilitaría la entrada de sustancias tóxicas o de riesgo para el sistema nervioso central.

Varios estudios han mostrado que las radiofrecuencias pueden afectar la barrera hematoencefálica, incluso a valores muy por debajo de los límites de SAR actualmente aceptados en la mayoría de los países (0,08 W/kg). Radiofrecuencias de 915 MHz provocan un aumento significativo de la permeabilidad a valores tan bajos como 0,016 W/kg (Prato y otros, 1994; Macfarlane, 1999, 1999). Salford y otros, trabajando con una frecuencia de 915 MHz y valores SAR de 0,016-5 W/kg, observaron un aumento de la permeabilidad hematoencefálica. El mismo resultado había sido obtenido previamente por Oscar y Hawkins (1977), y Albert (1977). Oscar y Hawkins trabajaron con dos frecuencias: 2850 MHz, a una densidad de potencia de  $1 \text{ W/m}^2$ , y 1300 MHz, a una densidad de potencia de  $30 \text{ W/m}^2$ . En este último caso observaron un

incremento en la permeabilidad al manitol y la insulina, aunque no al dextran. Albert por su parte (1977) utilizó una frecuencia de 2450 MHz y una densidad de potencia de  $100 \text{ W/m}^2$ , registrando en hamster un aumento de la permeabilidad cierto tipo de peroxidasa.

En 1995 Jocelyn Lleal y sus equipo del Servicio de Bioelectromagnetismo del Hospital Ramón y Cajal, de Madrid, hallaron que frecuencias de 915 MHz con modulaciones del pulso de 8, 16 y 200 Hz modificaban y aumentaban significativamente la permeabilidad de la barrera hematoencefálica (Huidobro Camarero, 2001).

#### **(d) Cambios en la concentración de la enzima ornitín decarboxilasa (ODC).**

La ornitín decarboxilasa es una enzima relacionada con el crecimiento celular y el desarrollo. Se ha observado una correlación entre el incremento de ODC y el aumento del desarrollo y la multiplicación celular tanto en células normales como cancerosas. Pequeños incrementos de la actividad ODC fueron observados en cultivos de células y animales expuestos a distintas ondas electromagnéticas. Exposiciones de 1 a 4 horas a radiofrecuencias moduladas de 450 MHz y valores SAR de  $0,08 \text{ W/kg}$  produjeron aumentos de 1,5-2,6 veces en los niveles de ornitín decarboxilasa (RSC, 1999; Macfarlane, 1999). La Sociedad Real de Canadá advierte que las células y tejidos de los mamíferos tienen capacidad para percibir exposiciones a campos magnéticos de baja frecuencia, microondas y radiofrecuencias (SAR de  $0,1$  a  $2,5 \text{ W/kg}$ ), y que estos efectos pueden ocurrir en menos de 1 hora de exposición (RSC, 1999).

Aunque el aumento de la ODC ha sido relacionado con varios efectos, el que más preocupa es su potencial carcinogénico. Sin embargo, el aumento en la ornitín decarboxilasa ha sido más asociado con la promoción de cáncer que con su iniciación o desarrollo. Datos recientes sugieren que una mayor cantidad de la enzima sería suficiente para provocar tumores. La Sociedad real de Canadá indica que el aumento de la ODC por campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF) son menores a los producidos por algunas sustancias tóxicas. También menciona el posible efecto aditivo o sinérgico entre ELF y radiofrecuencias (RSC, 1999; Macfarlane, 1999). Sin embargo, y esto es importante en términos de precaución, el efecto existe. Curiosamente la Sociedad Real de Canadá olvidó considerar las posibles relaciones de adición, sinergismo y neutralización que podrían registrarse cuando actúan simultáneamente sobre un receptor vivo varias formas de energía y materiales. Si como lo indica la Sociedad ciertas sustancias químicas aumentan hasta en 500 veces los niveles de ODC cabría preguntarse qué sucede cuando un organismo cualquiera sometido a esa sustancia y a ese nivel de ODC también recibe el impacto de las radiofrecuencias.

#### **(e) Cambios en la concentración de la hormona melatonina.**

La melatonina es una hormona producida por la glándula pineal. Esta glándula es un pequeño lóbulo ubicado en el procencéfalo. En el ser humano se localiza cerca del centro del cerebro. En los invertebrados más simples esta glándula es un conjunto de células sensibles a la luz, a veces denominado "tercer ojo". La glándula pineal se relaciona con los fenómenos de fotoperiodismo. En ciertas especies sometidas artificialmente a la oscuridad, y por lo tanto a una disfunción de esa glándula, suele impedirse el aumento estacional del tamaño de los ovarios (Curtiss, 1985).

La producción de melatonina aumenta agudamente por la noche y cae rápidamente durante el día (por ejemplo en ser humano, rata y pollo). En el ser humano la glándula pineal podría estar involucrada en la maduración sexual; tumores de la glándula pineal, por ejemplo, se han asociado con pubertad precoz (Curtiss, 1985). Algunos

autores la consideran un cronómetro biológico. Lo importante a los fines de este informe es que la glándula pineal asocia luz absorbida y funciones orgánicas, y que durante la mayor parte de su desarrollo evolutivo reciente no estuvo sometida a los niveles actuales de radiación no ionizante.

Dado que la luz visible y los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF) afectan el funcionamiento de la glándula pineal, se postula que las radiofrecuencias y microondas también provocarían efectos similares, incidiendo así sobre la producción de melatonina y su utilización por otras células (RSC, 1999). Aunque varios investigadores que trabajaron con frecuencias de 900 MHz y 3-30 MHz no hallaron cambios en los niveles de melatonina (Mann y otros, 1998; Stark y otros, 1997; Vollrath y otros, 1997), la Sociedad Real de Canadá considera que la hipótesis sobre el efecto de las radiofrecuencias sobre esa hormona sigue siendo válida (RSC, 1999).

#### **(f) Efectos sobre el sistema nervioso central (SNC).**

Estudios realizados en la ex Unión Soviética durante las décadas de 1950 y 1960 sugirieron que la radiación de microondas tenía efectos sobre el cerebro (RSC, 1999). Macfarlane indica que si bien estos trabajos no fueron replicados fuera de la Unión Soviética y dado que el cerebro es una de las partes eléctricamente más activas del cuerpo humano “es posible formular la hipótesis de que las microondas pueden inducir efectos en el sistema nervioso central” (Macfarlane, 1999).

Salford y otros (2003) expusieron 3 grupos de 8 ratas cada uno, durante 2 horas, a los campos electromagnéticos generados por teléfonos móviles GSM. Encontraron, con una elevada significación estadística ( $p < 0,002$ ), que la exposición había producido daño neuronal en la corteza, el hipocampo y el ganglio basal de los cerebros de las ratas.

El Dr. P. Semm, en su dictamen a la Audiencia de Frankfurt, sostiene que los campos electromagnéticos débiles de alta frecuencia producen reacciones neuronales. Este investigador, que trabajó originalmente con células nerviosas de aves e insectos, considera que el umbral a partir del cual se registran reacciones neuronales es  $200 \text{ nW/cm}^2$  ( $0,0002 \text{ mW/cm}^2$ ). Semm sostiene que este valor ha sido medido en espacios habitados situados fuera de las zonas de seguridad de las instalaciones de telefonía móvil. Considera que en los casos de una determinada distonía vegetativa o de otras alteraciones del sistema nervioso central, como Tinnitus, la constante exposición a un campo electromagnético de alta frecuencia puede producir la sintomatología de la enfermedad o agravar dolencias ya existentes (Audiencia de Frankfurt, 2000).

Semm y Beason investigaron el efecto de radiofrecuencias pulsátiles (900 MHz moduladas a 217 Hz) sobre las neuronas de cerebros de aves. Hallaron que esta estimulación producía cambios en la magnitud de la actividad neural en más de la mitad de las células cerebrales (Semm y Beason, 2000).

Existe evidencia de que las microondas pueden actuar sobre la colinesterasa, una enzima clave en la regulación del neurotransmisor acetilcolina. En la enfermedad de Alzheimer, por ejemplo, la pérdida de acetilcolina puede llevar al deterioro de la memoria y de los procesos cognitivos. La Sociedad Real de Canadá sostiene que los datos actualmente disponibles son insuficientes para mostrar una asociación clara entre la exposición a las microondas, y ciertas enfermedades como Alzheimer y epilepsia (RSC, 1999; Macfarlane, 1999). Se acepta en cambio que las radiofrecuencias reducen el sueño REM (*Rapid Eye Movement*).

Carl Blackman, de la EPA, mostró que los campos electromagnéticos pueden influenciar la actividad de los iones de calcio en tejido nervioso, ello a niveles no térmicos y siguiendo modelos lineares (Blackman, 2000).

Dada la intensa actividad eléctrica del cerebro es previsible que ciertas porciones del espectro electromagnético puedan afectarlo. En general los voltajes que se producen en el cerebro son muy débiles (<300 microvoltios en el adulto normal). La electroencefalografía es una valiosa herramienta diagnóstica que permite registrar y comparar esa actividad.

Se debe tener en cuenta que las señales usadas en el sistema digital GSM de telefonía móvil "centellean" a una frecuencia de 217 Hz, y que estos *flashes* se interrumpen con intervalos de frecuencias más bajas, próximas a las frecuencias de las ondas cerebrales Alfa (Huidobro Camarero, 2001).

Estas ondas Alfa, lentas e irregulares, tienen una frecuencia de 8 a 12 Hz. Se registran en la parte posterior de la cabeza. Suelen producirse durante períodos de relajación, en particular cuando los ojos de las personas están cerrados. Aproximadamente 2/3 partes de la población humana tiene ondas Alfa alterables por la atención. Del tercio restante la mitad casi no presenta ondas Alfa, y la otra mitad tiene ondas Alfa que resisten los efectos de la atención. Es muy difícil que la atención las altere (Curtiss, 1985).

Otro patrón EEG es la onda Beta, de menor amplitud (voltaje) que las ondas Alfa, pero con una frecuencia mayor (18 a 32 Hz). Las ondas Beta aparecen en descargas y se asocian con la actividad mental y la excitación. Ondas de menor frecuencia, denominadas Delta, se observan normalmente en lactantes y en el sueño de los adultos (Curtiss, 1985).

El sueño se caracteriza por ciclos repetidos en los que la persona que duerme pasa a través de distintos estadios durante los cuales las ondas EEG se hacen más grandes y más lentas. Un adulto joven suele pasar, en 8 horas de sueño, por cinco de esos ciclos. Durante cada ciclo existe habitualmente un período de ondas rápidas, de baja amplitud, similares a las personas en vigilia. Este es el estadio de sueño paradójal, asociado a movimientos oculares rápidos (sueño REM, ver arriba) (Curtiss, 1985).

Ekkehardt Altpeter, del Instituto de Medicina Preventiva y Social de la Universidad de Berna, en Suiza, investigó los efectos sobre la población de una antena emisora de microondas en Schwarzenburg para los años 1992, 1993 y 1996. Estos estudios transversales mostraron que los desórdenes del sueño en la población expuesta eran más frecuentes que en la no expuesta (Altpeter, 2000).

Wilhelm Mosgöller del Instituto de Investigación sobre el Cáncer de la Universidad de Viena estudió el comportamiento del oído, de las sensaciones auditivas y de los disturbios en el sueño en personas afectadas por dos antenas de telefonía celular. Con esta finalidad eligió dos antenas externamente idénticas pero que diferían en su capacidad de irradiación. Una de ellas fue protegida con escudos metálicos (antena no irradiante). Las personas que formaron parte del experimento pudieron distinguir claramente las antenas en función de las sensaciones auditivas (Mosgöller, 2003).

### **(g) Efectos sobre la conducta.**

Estudios hechos sobre ratas previamente expuestas a radiofrecuencias mostraron que su desempeño para la memorización del espacio era muy pobre. Varios autores

sugieren que estas alteraciones en el comportamiento podrían deberse a cambios bioquímicos en el sistema opiáceo.

Tales cambios se han registrado a una frecuencia de 2450 MHz, una densidad de potencia de  $10 \text{ W/m}^2$  y un SAR de  $0,6 \text{ W/kg}$  (Lai, 1996; Lai y otros, 1992, 1994). Estos resultados son preocupantes dada la importancia que tienen las sustancias opioideas en el sistema nervioso del ser humano.

Hasta mediados de 1985 se habían identificado 9 sustancias con propiedades opioideas (las endorfinas). Actualmente se conocen dos tipos de endorfinas. Un grupo, conocido como encefalinas, está diseminado en el sistema nervioso central, incluyendo la médula espinal, el tronco cerebral y el sistema límbico. Abunda igualmente en la médula adrenal. Estas encefalinas son pentapéptidos. Las otras endorfinas son elaboradas principalmente por la hipófisis y quizás también por otros tejidos. Una de estas sustancias, la beta-endorfina, es sintetizada como parte de una larga cadena peptídica que también contiene ACTH, hormona liberada por la hipófisis anterior (Curtiss, 1985). Thomas y otros hallaron que bajos niveles de microondas ( $2450 \text{ MHz}$  a  $10 \text{ W/m}^2$ ) provocaron efectos sinérgicos con drogas psicoactivas (Thomas y otros, 1979).

La Real Sociedad de Canadá (RSC, 1999) indica que un estudio que no fue replicado mostró una asociación entre exposición a radiofrecuencias y mayor cantidad de suicidios.

#### **(h) Daño genético.**

Un importante número de investigadores ha estudiado el potencial de las radiofrecuencias para provocar daños en el material genético. Un estudio reciente de Lai y Singh (1995) mostró daño en ADN de cerebro de ratas expuestas a ondas de  $2450 \text{ MHz}$ . Se debe tener en cuenta que estos daños podrían ser producidos por fotones de cierto contenido de energía (igual o mayor a  $0,01 \text{ eV}$ ), capaces de romper los enlaces químicos covalentes de las moléculas biológicas. (ver Kane, 2003). Fotones con energías de esta magnitud se encuentran en microondas de ultra alta frecuencia (UHF) ( $>10^{12} \text{ Hz}$ ).

Mashevich y otros (2003) hallaron que cuando se exponen linfocitos del sistema circulatorio periférico a campos electromagnéticos continuos de  $830 \text{ MHz}$ , con valores SAR de  $1,6$  a  $8,8 \text{ W/kg}$  por 72 horas, se produce inestabilidad cromosómica. Estos investigadores observaron un aumento en las aneuploidías del cromosoma 17. Mediante un experimento de control sin radiofrecuencias, conducido a la misma temperatura del experimento con RF, lograron descartar el efecto térmico.

Mashevich y otros indican que sus hallazgos muestran un efecto genotóxico de la radiación de alta frecuencia, y que esto se produce a través de mecanismos no térmicos. En su trabajo consideran que dada la asociación existente entre aneuploidía y cáncer los futuros estándares de exposición deberían considerar seriamente los efectos genotóxicos de frecuencias de  $830 \text{ MHz}$ .

También se ha observado que la exposición de linfocitos a microondas ( $915 \text{ MHz}$ ) produce una condensación de la cromatina, comparable a la provocada por un *shock* térmico de  $410 \text{ °C}$ . Esta concentración desaparece 2 horas después de la exposición, y no se observa apoptosis (Belyaev y otros, 2002).

Un motivo adicional de preocupación es que varias de las tecnologías en desarrollo para telefonía móvil operarían a frecuencias bastante más altas que las actuales. Los

sistemas de acceso fijo sin cables lo harían a 3400-3700 MHz, y los llamados “*Low Modular Cellular Service*” a frecuencias de 24 a 38 GHz (RSC, 1999). Todas estas tecnologías siguen su desarrollo independientemente de los efectos que puedan provocar. Debería evaluarse por lo tanto no solamente el efecto de frecuencias cada vez más altas, sino también su aporte a fondos radiantes que ya existen.

#### **(i) Efectos sobre el desarrollo.**

Algunos trabajos han estudiado los efectos de las radiofrecuencias y microondas sobre la reproducción. Kallen y otros (1982) hallaron en Suecia que las profesionales fisioterapeutas que trabajan con equipos de onda corta tienen un mayor riesgo de malformaciones en embriones y fetos y de muerte perinatal.

Un estudio similar efectuado entre fisioterapeutas de Finlandia que aplican calor profundo y terapia de onda corta mostraron un pequeño aumento en la tasa de abortos espontáneos. Las mujeres que usaban los equipos durante 1-4 horas tenían una mayor probabilidad de anomalías congénitas Taskinen, 1990).

Quellet-Hellstrom y Stewart (1993) investigaron los efectos de las microondas sobre terapeutas embarazadas en los Estados Unidos. Hallaron que los niños de madres expuestas mostraban una moderada tasa de malformaciones. En cambio, no hallaron efectos entre las terapeutas que operaban equipos de diatermia. Otro estudio realizado en Latvia, a 20 kilómetros de una estación de radar, encontró que los niños varones tenían pequeños indicios de anormalidad (Kolodynski y Kolodynska, 1993).

#### **(j) Cáncer.**

La posible relación entre radiofrecuencias y cáncer, especialmente leucemia, fue sugerida originalmente por Praustnix y Susskind en 1962. En la revisión hecha por Elwood este investigador cita 7 trabajos que encontraron una relación entre exposición a radiodrecuencias y leucemia (Hocking y otros, 1996; Szimigielski y otros, 1996; Robinette y otros, 1980; Tynes y otros, 1980; Dolk y otros, 1997, y McKenzie y otros, 1998), y 3 trabajos o parte de los anteriores que no hallaron ese vínculo (Dolk y otros, 1997), Armstrong y otros, 1994; McKenzie y otros, 1998; Selvin y otros, 1992) (ver Macfarlane, 1999).

Otros estudios mostraron un aumento en las tasas de cáncer y de formación de tumores (tumores mamarios, tumores de piel) por exposición a radiofrecuencias, y por radiofrecuencias combinadas con otros agentes (RSC, 1999).

Entre los trabajos que hallaron asociación entre RF y promoción de tumores se hallan los de Repacholi y otros (1997) y los de Szmigielski y otros (1982). Szmigielski y sus colaboradores hallaron signos de formación de tumores en ratones expuestos a frecuencias de 2450 MHz y densidades de potencia de 5 y 15 mW/cm<sup>2</sup>. También encontraron una aceleración en la formación de cáncer de piel y reducción de la sobrevivencia cuando combinaron radiofrecuencias (2450 MHz, 5 y 15 mW/cm<sup>2</sup>) con el agente cancerígeno 3,4 benzopireno (Szmigielski y otros, 1982).

Uno de los estudios más contundentes sobre el efecto de las radiofrecuencias en la generación de cáncer fue publicado por Szmigielski y sus colaboradores en 1997. Trabajando con personal militar de Polonia expuesto a RF hallaron un aumento en todos los tipos de cáncer, incluidos aquellos no relacionados tradicionalmente con radiofrecuencias (ver Macfarlane, 1999). Elwood cita que en otro estudio realizado sobre obreros de la actividad eléctrica se halló asociación entre radiofrecuencias y cáncer de pulmón, pero no para otros tipos de cáncer (Elwood, 1999; Macfarlane,

1999). En este último trabajo la exposición dominante fue a campos de frecuencias extremadamente bajos.

Al analizar el potencial efecto cancerígeno de las radiofrecuencias y microondas es imprescindible considerar otros fenómenos de esa radiación ya que podrían tener algún tipo de relación con la generación de cáncer. Por ejemplo: **(a)** Aumento de la proliferación celular. **(b)** Alteración de los flujos de iones Na, K y Ca. **(c)** Aumento en la concentración de la enzima ornitín decarboxilasa, y **(d)** Cambios en la concentración de la hormona melatonina.

Al respecto son esclarecedoras las consideraciones que realizó Tenforde sobre las relaciones que se darían entre frecuencias extremadamente bajas (ELF) y melatonina (Tenforde, 1993). Según Tenforde está bien establecido que los campos eléctricos y magnéticos generan cambios en la producción de melatonina pineal, y que una reducida concentración de melatonina en la circulación incrementa la descarga de prolactina por la glándula pituitaria, y aumenta la descarga de hormonas esteroides desde las gonadas (estrógeno y testosterona) (Reiter, 1990). Un incremento en la concentración de hormonas esteroides estimula el crecimiento de los tejidos mamarios y genera también procesos de inmunosupresión, por lo cual se ha propuesto que un decrecimiento en la producción de melatonina, resultado de una exposición a los campos electromagnéticos, puede elevar los riesgos de cáncer de mama (Stevens, 1987) Esta hipótesis es sostenida por los resultados de investigaciones sobre roedores, en los cuales la inyección de melatonina suprimía la generación de tumores mamarios, y en los cuales la extracción de la glándula pineal aumentaba la formación de cánceres mamarios (Tamarkin y otros, 1981). Los resultados de investigaciones recientes, que muestran un elevado riesgo de cáncer mamario entre hombres expuestos a campos electromagnéticos, resulta consistente con esta hipótesis (Tynes y Andersen, 1999; Metanovski y otros, 1991; Demers y otros, 1991; Jackson, 1992).

#### **(k) Otras consecuencias. Efectos sistémicos.**

El llamado "Síndrome de la enfermedad por radiofrecuencia" ha sido definido como una respuesta sistémica del cuerpo humano a la exposición crónica a radiofrecuencias de baja intensidad. Este síndrome incluye varios síntomas usualmente asociados a las RF, como depresión, dolor de cabeza, irritabilidad, fatiga, sensación de sueño, pérdida del apetito, de la memoria y de la concentración, etc. (Macfarlane, 1999).

Además de los efectos que ya se analizaron, las radiofrecuencias y microondas también suelen provocar alteraciones en el sistema inmune. Experimentando con animales, Szmigielski y otros (1988) observaron alteraciones en el nivel de anticuerpos y modificación de la actividad de los macrófagos a valores de 1 a 5 mW/cm<sup>2</sup>. Los mismos autores indican que durante experimentos de largo plazo (1 a 3 meses), también con animales, son suficientes valores de 0,5 mW/cm<sup>2</sup> para provocar efectos en el nivel de anticuerpos y en el número de granulocitos (ver Huidobro Camarero, 2001).

Otro efecto en principio poco común de las microondas es el sonoro (efecto electrofónico). Los seres humanos pueden percibir un zumbido o tintineo en la parte posterior de su cabeza a exposiciones tan bajas como 0,1 mW/cm<sup>2</sup> de microondas pulsantes de 200-3000 MHz. Esto depende de la frecuencia de repetición del pulso y del pico de densidad de potencia (aproximadamente 300 mW/cm<sup>2</sup>). Una de las hipótesis más aceptables explica que las señales de microondas que se absorben producen una expansión termoelástica del tejido cerebral, y que esto genera una onda de presión acústica luego percibida en la cóclea por las células pilosas del órgano de Corti. La energía necesaria para producir este efecto es tan baja que no genera

aumento de la temperatura en el cerebro. El sonido se percibe como si tratase de un ruido ambiente de aproximadamente 65 dB A. Aunque se desconocen sus efectos, es posible que pueda afectar el ritmo cardíaco y algunas funciones metabólicas (Welch y otros, 1970).

Si bien existe una abundante bibliografía sobre los efectos particulares de las radiofrecuencias y las microondas sobre los organismos vivos y la salud humana, siguen sin ser consideradas adecuadamente las siguientes nociones:

**(a)** La noción de acción conjunta con otros agentes, energéticos y materiales. Las radiofrecuencias y microondas pueden actuar al mismo tiempo con: **(a.1)** Otras formas de energía no ionizante (por ejemplo campos magnéticos generados por frecuencias extremadamente bajas, ELF; radiación infrarroja; radiación ultravioleta A y B). **(a.2)** Materiales residuales y no residuales. Este grupo incluye objetos de metal, sustancias químicas diversas, alimentos, cosméticos, medicamentos etc. **(a.3)** Radiación ionizante (rayos X, rayos Gamma, partículas Alfa y Beta etc.). **(a.4)** Enfermedades presentes en el receptor y que son causadas por microorganismos patógenos (priones, virus, bacterias, etc.). **(a.5)** Una mezcla de dos o más de los grupos de agentes mencionados anteriormente.

**(b)** La noción de diversidad de las fuentes receptoras. En este concepto de diversidad se destacan: **(b.1)** Las características propias de cada nivel de desarrollo del organismo humano, desde células sexuales haploides hasta adultos mayores diploides, y **(b.2)** La diversidad de genotipos y fenotipos al interior de cada población etaria: población de células sexuales, población de cigotos, población de embriones, población de fetos, población de recién nacidos, población de niños de 1-3 años, población de niños mayores, población de adolescentes, población de adultos, etc.

**(c)** La noción de agregados sucesivos. Este es un concepto fundamental. Alude a que cada nuevo agente que resulta de la tecnología y su uso se agrega a numerosos "fondos" o "niveles basales" preexistentes. Esos fondos que ya existen pueden interrelacionarse con los nuevos agentes en forma sinérgica, neutral o de disminución de efectos. Dada la acumulación de procesos, fuentes y descarga de energías y materiales al ambiente cada nuevo agregado aumenta en una cierta magnitud el fondo y por lo tanto los riesgos potenciales para los organismos vivos y la salud humana. En cada sitio en el que una nueva tecnología descargue radiofrecuencias y microondas existe una particular combinación de agentes anteriores, energéticos y materiales, pero también una particular sensibilidad de la población (ver arriba). La nueva contaminación altera el fondo y plantea novedosos escenarios de riesgo.

## 2.2. Efectos psicológicos de la existencia de antenas.

Estos efectos, independientes de los cambios físico-químicos y fisiológicos producidos en el sistema nervioso central por las radiofrecuencias y microondas, aluden a los efectos derivados de la información cultural endo y exosomática. El riesgo percibido de cualquier tecnología conspicua depende básicamente de dos fuentes de información: **(a)** La derivada de análisis propios (el riesgo identificado y medido por el observador, como la posibilidad de que la antena caiga sobre su vivienda) y **(b)** La derivada de fuentes externas (información cultural endosomática). Esta última es la más variable y controvertida. Científicamente no se ha demostrado la inocuidad de las antenas de telefonía celular (todos sus impactos) ni la de sus microondas, y esta falta de demostración se ha transmitido a la población. En términos generales el temor deriva de la controversia que existe sobre los posibles efectos. Ninguno de los dos grupos de actores más extremos en la propagación de información sobre el tema (empresas de telefonía móvil y muchos gobiernos, a favor, y organizaciones ambientalistas y grupos

activos de ciudadanos, en contra) lograron consenso público para sus respectivas posiciones. De allí que el ciudadano se encuentre situado en una situación de incertidumbre, y que su vuelco hacia una de las dos posiciones extremas dependa de la información que reciba, procese y acepte luego como propia. En este proceso el rol de los medios de comunicación social ha sido muy importante pues difunden datos, posturas y reacciones que aportan elementos de juicio, a favor y en contra de la instalación de antenas de telefonía móvil.

De todos modos la falta de comprobación científica de inocuidad para las frecuencias y densidades de potencia que generan las antenas de telefonía móvil, y la propia controversia, generaron y siguen generando claros estados de inquietud en los posibles afectados. Esto hace que la sola presencia de una antena de telefonía, independientemente de la potencia y frecuencia a que opere, sea considerada de riesgo. Los temores son sin embargo mayores cuando el mástil es visible y conspicuo.

Independientemente de la realidad técnica sobre efectos, los distintos grados de temor que provoca la simple presencia de una antena de telefonía móvil genera estados psicológicos adversos. Estos pueden provocar, a su vez, numerosos efectos secundarios en la persona que la siente, fisiológicos y de conducta. Lo anterior forma parte del impacto medible que puede provocar la simple instalación de una antena en un barrio o en la azotea de un edificio de departamentos. Dicho impacto medible incluye entre otros estados psíquicos los siguientes: desasosiego, sensación de inseguridad, nerviosismo, miedo individual, miedo por los efectos sobre el resto de la familia, pérdida de la noción de privacidad protegida, enojo hacia los responsables locales (por ejemplo consorcistas que decidieron mayoritariamente la instalación de una antena en la azotea de un edificio), enojo hacia la empresa responsable o el gobierno que toleró su instalación, sensación de desprotección institucional y violencia.

La sensación de desprotección institucional es un fenómeno muy frecuente en personas y grupos que no tuvieron éxito en sus campañas locales contra la instalación de antenas, y conocen por Internet u otras fuentes casos en que los vecinos sí derrotaron administrativa o judicialmente a las compañías de telefonía móvil y los gobiernos permisivos. Del mismo modo que ciertas decisiones judiciales crean precedentes dentro de la jurisdicción o país en que se producen, ciertas decisiones judiciales y administrativas consolidan precedentes públicos de gran importancia internacional. Este es el caso de la Sentencia de la Audiencia de Frankfurt, Alemania, que se adoptó el 27 de septiembre de 2000. Tras una demanda planteada por 38 vecinos contra la empresa operadora *DeTmobil Deutsche Telekom MobilNet GMBH* y la Comunidad Evangélica (en cuya Iglesia de la Cruz se localizaba una antena base) la Sala 4ª en lo Civil de *Langdericht* (= Audiencia) dictó una innovadora Sentencia de Interdicto. La Audiencia de tres miembros tuvo por cierto y demostrado que las estaciones base de telefonía móvil con frecuencias pulsantes pueden provocar daños a la salud. Al mismo tiempo consideró que los valores máximos permitidos por la Ordenanza alemana 26 BImSchV, de 470.000 nW/cm<sup>2</sup> (0,47 mW/cm<sup>2</sup>) para frecuencias de 900 MHz no eran suficientes para proteger a las personas que vivían a menos de 100 metros de la antena. El valor máximo contenido en esa Ordenanza seguía los criterios propuestos por la ICNIRP (Audiencia de Frankfurt, 2000; Huidobro, 2001).

Cabe acotar que Argentina también adoptó los valores de la ICNIRP mediante Resolución 202/1995 del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la Nación (0,45 mW/cm<sup>2</sup> para 800 MHz). Indirectamente la decisión de la Audiencia alemana también descalificó los límites vigentes en Argentina, y contribuyó a que la población expuesta tuviese más temor.

La alegación presentada a la Audiencia por el Dr. V. Klintzig sostiene que existen "graves dudas" sobre la protección que brindan los estándares contenidos en la Ordenanza alemana 26 BImSchV ( $0,47 \text{ mW/cm}^2$  para una frecuencia de 900 MHz). Su dictamen, fechado el 21 de julio de 2000, indica que para prevenir los efectos no térmicos de la radiación de alta frecuencia deberían adoptarse límites más estrictos, de  $0,0001$  a  $0,00001 \text{ mW/cm}^2$  (Audiencia de Frankfurt, 2000; Huidobro, 2001).

Irónicamente la presencia de otras antenas de mayor riesgo comparativo, como las de radiofrecuencia modulada (radios FM), generan menor resistencia social. Esto se debe al mismo principio de información mencionado anteriormente. Al no haber difusión de datos sobre los riesgos de las antenas de FM, los posibles afectados solo mantienen temores, aceptaciones o rechazos acotados (por ejemplo miedo a la caída de la estructura o desagrado por la contaminación visual y paisajística).

### **3. EFECTOS DE LAS BAJAS DOSIS SOBRE SER HUMANO Y ANIMALES DE LABORATORIO.**

Los estándares ICNIRP/WHO/EU que han sido adoptados y transformados en normativa por distintos países habilitan la exposición "legal" de amplios sectores poblacionales a bajas dosis de radiofrecuencias y microondas. Existen numerosos trabajos que documentan efectos biológicos a valores bajos de densidad de potencia y de absorción específica (SAR).

De Pomeray y otros (2000) reportaron un aumento en el stress molecular que sufren células las expuestas a radiofrecuencias, a valores SAR de  $0,001 \text{ W/kg}$ . Este tipo de respuesta es un proceso básico en la mayoría de las especies animales.

Dutta, Ghosh y Blackman (1989) comprobaron un incremento en el eflujo de calcio en células expuestas a radiofrecuencias, con valores de absorción de  $0,005 \text{ W/kg}$ . El calcio es un ión fundamental en los procesos metabólicos intracelulares, tisulares y orgánicos. Persson y otros (1997), por su parte, observaron un incremento en la permeabilidad de la barrera hematoencefálica de ratones expuestos a radiofrecuencias, a valores de absorción que variaron entre  $0,0004$  y  $0,008 \text{ W/kg}$ . La alteración de esta barrera facilita el ingreso al cerebro de moléculas tóxicas o de riesgo para el sistema nervioso.

Fesenko y otros (1999) informaron sobre cambios en las funciones del sistema inmune de ratones expuestos a radiofrecuencias que tenían una densidad de potencia de  $0,001 \text{ mW/cm}^2$ .

Magras y Xenos (1999) reportaron una disminución de las funciones reproductivas de ratones expuestos a radiofrecuencias con densidades de potencia muy bajas, de  $0,000168$  a  $0,001053 \text{ mW/cm}^2$ . Estos valores son de 5000 a 90.000 veces menores a la exposición tolerada en Argentina para frecuencias de 1900 MHz ( $0,95 \text{ mW/cm}^2$ ).

Phillips y otros (1998) hallaron daños en el ADN de células expuestas a radiofrecuencias, a valores SAR que variaron entre  $0,0024$  y  $0,024 \text{ W/kg}$ . Velizarov, Raskmark y Kwel (1999), por su parte, mostraron una disminución de la proliferación celular (divisiones) después de estar expuestas a radiofrecuencias, a valores de absorción específica de  $0,000021$  a  $0,0021 \text{ W/kg}$  (Velizarov, Raskmark y Kwel, 1999; Lai, 2000).

Firstenberg (1997) hizo una revisión muy detallada de los efectos que provocan las bajas dosis de radiofrecuencias y microondas sobre los seres vivos. Todos los casos

citados a continuación están referidos a densidades de potencia varias veces más bajas que los valores ICNIRP/WHO/EU:

### **(a) Efectos sobre el sistema nervioso en seres humanos.**

Numerosos estudios sobre trabajadores hallaron síntomas de dolor de cabeza, fatiga, debilidad, disturbios del sueño, irritabilidad, vértigo, dificultades en la memoria, inestabilidad emocional, depresión, ansiedad, desórdenes sexuales, manchas en la piel, salpullido, sensación de quemadura en el rostro, acrocianosis (coloración azul de los dedos de las manos y de los pies), sudoración, temblores, reflejo acentuado del tendón, e inestabilidad del pulso y de la presión sanguínea (Sadchikova, 1960, 1974; Klimkova-Deutschova, 1974; Baranski y Edelwejn, 1975; Zalyubovskaya y Kiselev, 1978; Bachurin, 1979; Sadchikova y otros 1980; Huai, 1981; Gorbach, 1982 y Markarov, 1995, citados por Firstenberg, 1997). Los valores a que se hallaron distintos efectos fueron varios cientos de  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Sadchikova y otros, 1980), 20 a 60  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Bachurin, 1979) y menos de 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Huai, 1981).

También se observó un aumento de la sensibilidad a los sonidos (Bourgeois, 1967), menor sensibilidad al olor (Lobanova y Gordon, 1960), y disminución de la sensibilidad auditiva, visual y de la piel (Baranski y Czerski, 1976, citados por Firstenberg, 1997).

Otros investigadores hallaron fenómenos de inhibición del sistema nervioso mediante registro y lectura de EEG, a 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Mann y Roschke, 1996; Huai, 1981; Sikorski y Bielski, 1996; Baranski y Edelwejn, 1975, y Klimkova-Deutschova, 1974 (citados por Firstenberg, 1997).

Estudios epidemiológicos detectaron cambios adversos en la memoria y en los tiempos de reacción visual, a 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Chiang y otros, 1989); problemas de sueño, dolor de cabeza, debilidad, irritabilidad, dolores en los miembros y rendimiento escolar, a 0,054  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Abelin y otros, 1995), y deterioro de la función motora, tiempo de reacción, memoria y atención en la escuela, a 0,1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Kolodynski y Kolodynska, 1996) (citados por Firstenberg, 1997).

### **(b) Efectos sobre el sistema nervioso en otros animales.**

Distintos autores encontraron cambios en el EEG de chinchilla después de 5 minutos de exposición a 20  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Gvozdikova y otros, 1964); potenciales evocados en cerebros de gato, a 30  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Frey, 1967); efectos de tranquilización en pollo y rata, a 24  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Giarola y otros, 1971); inhibición de los reflejos condicionados y otras modificaciones del sistema nervioso en ratas y conejos, a 1,9  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , además de cambios en el EEG, a 0,06  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Dumanskij y Shandala, 1974); afectación de la capacidad de trabajo, los reflejos, el sueño y la actividad de la colinesterasa en ratas, a 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  durante 2 horas (Gabovich y otros, 1979); alteración en epinefrina, norepinefrina y dopamina en ratas, a 50 y 500  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Grin, 1978); cambios en enzimas cerebrales en ratas, a 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Dumanski y Tomashevskaya, 1978); cambios en la sensibilidad de la piel y capacidad de trabajo en ratas, a 25-60  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , y cambios en la enzima colinesterasa, a 40  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Dumanskij y otros, 1982); cambios en la actividad eléctrica del cerebro en ratas, y aumento de su sensibilidad dérmica, a 10 y 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ; asimismo, merma en su conducta de búsqueda, supresión de la respuesta al alimento y reducción de la capacidad de trabajo, a 500  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Shandala y otros, 1979); cambios en los reflejos no condicionados y en la enzima colinesterasa en ratas, a 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Shutenko y otros, 1981); cambios en enzimas en ratas, a 5  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  y daño celular a 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ; en gatos, drástico daño celular después

de 1 hora de exposición a  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Belokrinitskiy, 1982a); daño en células nerviosas y desaparición de la cubierta de mielina en ratas, a  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Belokrinitskiy, 1982b); cambios en la conducta en ratas, a  $8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , y reforzamiento del efecto narcótico de la morfina, a  $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Frey, 1988); cambios en la actividad enzimática del cerebro en ratas, a  $250 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Kunjilwar y Behari, 1993); cambios en la actividad de las neuronas en cerebros de conejo, a  $100\text{-}500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Chizhenkova y Safroshkina, 1993); cambios en las membranas sinápticas de ratas después de 5 minutos de exposición a menos de  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Kolomytkin, 1994), y cambios en la conducta condicionada de ratas después de 30 minutos de exposición, a  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Navakatikian y Tomashevskaya, 1994) (citados por Firstenberg, 1997).

### **(c) Efectos sobre el sistema cardiovascular en seres humanos.**

Numerosos trabajos identificaron cambios en el ritmo cardíaco, hipotensión, murmullos sistólicos, cambios en el ECG y alteraciones en los tiempos de conducción de los impulsos (Firstenberg, 1997). También hallaron otros síntomas, como palpitaciones, dolor cardíaco y menor capacidad respiratoria (Orlova, 1960); taquicardia, bradicardia, disturbios en la conducción intraventricular e hipoxia del miocardio (Bachurin, 1979); cambios en la onda del pulso (Baranski y Czerski, 1976); hipotensión que luego se transforma en hipertensión (Huai, 1981), y debilitamiento del reflejo ortostático (Sadchicova, 1960; 1974; 1980) (citados por Firstenberg, 1997).

### **(d) Efectos sobre el sistema cardiovascular en otros animales.**

Disminución o aumento de la frecuencia cardíaca en ranas, a  $30\text{-}60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Levitina, 1966); disminución de la frecuencia cardíaca y alteración del ECG, a  $0,06 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (McRee, 1980) e incremento de la frecuencia cardíaca o arritmias en ranas, a  $0,6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Seifert, 1968) (citados por Firstenberg, 1997).

### **(e) Cáncer, estudios en seres humanos y animales de laboratorio.**

Altas tasas de cáncer en poblaciones próximas a una estación de televisión en Honolulu (Hawai) que estuvieron expuestas a densidades de potencia por debajo de  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Goldsmith, 1995; Marino, 1988); tasas de leucemia dos veces más alta que la normal en niños que viven cerca de torres emisoras de ondas de televisión en Sydney, Australia, a  $0,02\text{-}8,0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Hocking y Gordon, 1996); aumento de los casos de cáncer cerca de torres de transmisión de radio en Portland, Estados Unidos (Marino, 1988), y aumento en dos veces de la tasa esperada de cáncer y de ocho veces la tasa esperada de leucemia en personal militar, a  $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Szymigielski, 1996).

El estudio que realizó Lilienfeld sobre empleados de embajada en Moscú mostró un significativo incremento de síntomas neurológicos, aberraciones cromosómicas y cáncer en niños y adultos, a  $1\text{-}2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Lilienfeld y otros, 1978). Beall y otros hallaron un aumento estadísticamente significativo de los tumores de cerebro en personas que usaron VDT durante más de 10 años, a una exposición media de  $0,024\text{-}1,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Beall y otros, 1996). Selvin y otros, por su parte, observaron un incremento en la tasa de cáncer alrededor de una torre de telecomunicaciones. La señal medida fuera de las viviendas de los niños enfermos tenía  $1,74 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Selvin y otros, 1992). Dolk y otros encontraron altas tasas de leucemia, melanoma, tumores de cerebro, leucemia infantil y otros tipos de cáncer en la población que vivía dentro de un radio de 10 km alrededor de 2 transmisoras de radio FM y televisión. El rango de densidad de potencia era  $1,3\text{-}5,7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Dolk y otros, 1997) (citados por Cherry, 1999).

Trabajando con ratas Guy y Kung hallaron que al ser expuestas a  $480 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  durante 23 horas por día desarrollaban dos veces y medio más casos de cáncer que la población testigo. Otro investigador mostró que las microondas eran carcinogénicas para ratones (Balcer-Kybiczek, 1994) (citados por Firstenberg, 1997). Repacholi y otros, por su parte, hallaron que ratones expuestos a microondas, a  $30\text{-}326 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , duplicaban en forma significativa su tasa de cáncer (Repacholi y otros, 1997) (citados por Cherrie, 1999).

#### **(f) Efectos sobre la reproducción en seres humanos.**

Aumento del 5% de los abortos tempranos en terapeutas jóvenes que operaban aparatos de diatermia, a una media de  $0,08 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Ouellet-Hellstrom y Stewart, 1993); tiempos de menstruación anormales en mujeres obreras expuestas (Huai, 1979) y alteración de la proporción de sexos al nacer en población irradiada, con predominio de varones (Kolodynski y Kolodynska, 1994) (citados por Firstenberg, 1997).

#### **(g) Efectos sobre la reproducción en animales de laboratorio.**

Disminución de la hormona testosterona en ratas expuestas a  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Navakatikian y Tomashevskaya, 1994); disminución productiva, aumento del porcentaje de hembras nacidas y deterioro de la cáscara de huevo en gallinas, a  $5\text{-}125 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Krueger y Giarola, 1975); incremento de la producción de huevos y mortandad de polluelos, a  $1\text{-}400 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Bigu del Blanco y otros, 1973); estimulación de la ovulación en gallinas, a  $0,00000002 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Kondra y otros, 1970), y aumento de los abortos, cambios en la frecuencia de sexos en los recién nacidos e incompleta formación del cráneo en fetos de ratas, a  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Tofani y otros, 1986) (citados por Firstenberg, 1997). Ratones expuestos a  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (con una exposición media semanal de  $0,22 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) sufrieron daño testicular significativo y leucemia mieloide (Prausnik y Susskind, 1962; citado por Cherry, 1999). Cherry sostiene que la exposición de animales a niveles crónicos de bajas dosis de microondas produce efectos adversos muy significativos en los sistemas reproductores de machos y hembras. Estos efectos son significativos a exposiciones de  $0,22$  a  $0,17 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Cherry, 1999).

#### **(h) Efectos genéticos, estudios en seres humanos y animales de laboratorio.**

Rotura de cromosomas en obreros expuestos (Garaj-Vrhovac y otros, 1987) y anomalías cromosómicas en el personal expuesto de una embajada en Moscú, ex URSS (Goldsmith, 1995). En animales de laboratorio se observó daños cromosómicos en la médula espinal de ratas, a  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (según Kapustin, mencionado por McRee, 1980); daños en los cromosomas de ganado vacuno que pastaba en zonas irradiadas (Balode, 1996); supresión de los mecanismos de reparación de cromosomas dañados por rayos X, a  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Belyaev y otros, 1992) y rotura de cromosomas en células del cerebro de ratas después de exposiciones a  $1\text{-}2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Lai y Singh, 1995) (citados por Firstenberg, 1997).

#### **(i) Efectos sobre el desarrollo en animales de laboratorio**

Disminución del crecimiento de polluelos y de ratas recién nacidas, a  $14\text{-}500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Giarola y otros, 1971, 1973); disminución del crecimiento de ratas, a  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Gabovich y otros, 1979) y a  $600 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Ray y Behari, 1991); reducción del peso en

ratas preñadas, a  $400 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Bigu del Blanco y otros, 1973), y 40% menos de células en hamster chinos en desarrollo, a  $500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Garaj-Vrhovac y otros, 1991) (citados por Firstenberg, 1997).

#### **(j) Efectos sobre tejido sanguíneo y sistema inmune en seres humanos.**

Estimulación de la fagocitosis de leucocitos en el rango de  $4\text{-}120 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Chiang, 1989); disminución de los leucocitos y plaquetas en obreros expuestos a microondas (Huai, 1981) y aumento en el conteo de leucocitos en poblaciones irradiadas (Goldsmith, 1999). Según Zalyubovskaya y Kiselev, disminución de eritrocitos, hemoglobina, reticulocitos, plaquetas y leucocitos en obreros sometidos a  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (citados por Firstenberg, 1997).

También en trabajadores expuestos se observaron problemas por contenido de azúcar en sangre (Gel'fon y Sadchikova, 1960; Sadchikova, 1974; Sikorski y Bielski, 1996); aumento del colesterol en sangre (Klimkova-Deutshkova, 1974), y aumento de los triglicéridos (Sadchikova, 1980) (citados por Firstenberg, 1997).

#### **(k) Efectos sobre tejido sanguíneo y sistema inmune en animales de laboratorio.**

Daños en la respuesta inmune de conejos, a  $500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Shandala y otros, 1979); estimulación de la fagocitosis de neutrófilos en gallinas de Guinea, con mayores efectos a  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Shandala y Vinogradov, 1978); generación de fenómenos de autoinmunidad (Shandala y Vinogradov, 1978; Gabovich y otros, 1979); aumento de las células productoras de anticuerpo en el bazo, a  $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Elekes, 1994); alteración del metabolismo de los carbohidratos en animales expuestos, a  $0,06\text{-}10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Dumanskiy y Shandala, 1974; Dumanskiy 1976, 1978, 1982a, 1982b; Gabovich y otros, 1979; Belokrinitskiy, 1982, 1983; Shutenko y otros, 1981; Dodge, 1969) y posibles disturbios en el metabolismo de las proteínas, con aumento del suero sanguíneo y del nitrógeno residual en ratas, a  $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Dumanskiy y Tomashevskaya, 1982a, 1982b) (citados por Firstenberg, 1997). Shandala y otros, por su parte, observaron la supresión del sistema inmune en ratas, a  $500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Shandala y otros, 1983,; citado por Cherrie, 1997).

#### **(l) Efectos sobre órganos visuales en seres humanos.**

Incremento en la opacidad de la lente (Frey, 1985); incremento de las vacuolas de la lente, por debajo de  $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Huai, 1979); turbiedad en las lentes y otros problemas en los órganos de la visión, a  $20\text{-}60 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Bachurin, 1979); angiopatía o esclerosis de los vasos sanguíneos de la retina, a varios cientos de  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Sadchikova, 1974; Sadchikova y otros, 1980); angiopatía de la retina y opacidad de las lentes (Drogichina, 1960), e incremento de la opacidad de las lentes (Zaret, 1969) (citados por Firstenberg, 1997).

#### **(m) Otros efectos observados en animales de laboratorio.**

Disminución del tamaño de las glándulas suprarrenales en pollo, a  $14\text{-}24 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Giarola, 1971); disminución del peso de bazo, riñones, cerebro y ovario, y aumento en el peso testicular de ratas, a  $600 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Ray y Behari, 1990); incremento del contenido de ARN y ADN en células hepáticas y del bazo, y cambios estructurales en hígado, bazo, testículos y cerebro de animales a  $0,06\text{-}10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Dumanskiy y Shandala, 1974); ensanchamiento del bazo y del timo en ratas, a  $14 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Giarola, 1971); aumento de la tensión de oxígeno en tejido renal de ratas, a  $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Erin, 1979); cambios bioquímicos y ultraestructurales en hígado, corazón, riñones y tejido

nervioso en ratas, a  $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Belockrinitskiy, 1982), y disminución del consumo de oxígeno, en ratas, a  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Gabovich y otros, 1979) (citados por Firstenberg, 1997).

La respuesta de los animales a cambios en la atmósfera demuestran indirectamente el efecto de radiofrecuencias y microondas. Lomar y otros (1969, citado por Cherrie, 1999) hallaron cambios en los procesos respiratorios de ratones expuestos a condiciones ciclónicas. El EMR característico de un ciclón es  $>0,0027 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  y de un anticiclón  $<0,000027 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

.Este conjunto de datos, sumados a los ya proporcionados anteriormente, muestran: **(a)** La diversidad de efectos que producen las radiofrecuencias y microondas. **(b)** La diversidad de dosis a que actúan, y **(c)** El amplio espectro de efectos generados por las bajas dosis. Semejantes resultados entran en colisión con los actuales criterios ICNIRP/WHO/EU, mayoritariamente basados en dosis altas y efectos térmicos irreversibles.

#### 4. EFECTOS DE LAS BAJAS DOSIS SOBRE PLANTAS.

Se conoce que las radiofrecuencias y microondas producen una disminución en el espesor de los anillos de crecimiento en árboles (Balodis y otros, 1996); un aumento en la velocidad de producción de resina y de la senescencia en pinos a  $0,000024 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Selga y Selga, 1996); un acortamiento de la vida media y deterioro reproductivo en la lenteja de agua (Magone, 1996), y cambios en la velocidad de la división celular en *Vicia faba* a una densidad de potencia tan baja como  $0,0000000026 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Marha, 1969) (citados por Firstenberg, 1997).

Cherry, en su revisión sobre los efectos de bajas dosis, indica que plantas expuestas a radiofrecuencias y microondas en el rango de  $0,042$ - $6,6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sufren daño en sus cromosomas y sistemas reproductores (Cherry, 1999).

#### 5. EFECTO DE LAS EXPOSICIONES PROLONGADAS Y ACUMULATIVAS SOBRE EL SER HUMANO Y LOS ANIMALES DE LABORATORIO.

Uno de los mayores errores en la investigación de los efectos de las radiofrecuencias y microondas ha sido la realización, mayoritaria, de trabajos solamente referidos a exposiciones de corto plazo (por ejemplo desde unos pocos minutos a varias horas). De allí que se conozca muy poco sobre los efectos a largo plazo, y sobre los efectos acumulados durante todo ese tiempo. Irónicamente, los estándares hoy vigentes en la mayoría de los países están basados en estudios de corto plazo realizados sobre efectos térmicos.

Existe sin embargo una creciente evidencia de que los efectos de las radiofrecuencias y microondas se acumulan con el tiempo. Phillips y otros (1998) observaron daños en el ADN de células que se expusieron durante 24 horas a radiofrecuencias de baja intensidad. Los daños en el DNA de células sexuales puede conformar genes alterados (por mutación, por recombinación inducida). Si el factor de disturbio persiste, la cantidad de alteraciones podría aumentar, al igual que la probabilidad de transferencia a la generación siguiente. En el ser humano los óvulos femeninos, por tener la edad de la mujer portadora, son los principales "acumuladores" de riesgo. Esta función es agravada por la creciente expectativa de vida (Montenegro, 1999).

Magras y Xenos (1999) reportaron que ratones expuestos a bajas intensidades de radiofrecuencias disminuyeron su capacidad reproductiva. Después de 5 generaciones

los ratones fueron incapaces de tener crías. Lai entiende que en este experimento estaría involucrada la transferencia genética del efecto (Lai, 2000).

Persson, Salford y Brun (1997) observaron un incremento en la permeabilidad de la barrera hematoencefálica cuando la energía depositada en el organismo excedía los 1,5 J/kg, una medida del total de energía depositada. Los resultados de este trabajo sugieren, según Lai, que una exposición de corto plazo a altas intensidades puede producir el mismo efecto que una exposición de largo plazo a bajas intensidades. Ello indicaría un efecto acumulativo durante el tiempo (Lai, 2000).

También existen evidencias de que los receptores animales se vuelven más sensibles a la radiación después de una exposición de largo plazo. Los experimentos de De Lorge y Ezell (1980) y De Lorge (1984), que contribuyeron al establecimiento de los actuales estándares, establecieron que en los animales de laboratorio se producían alteraciones de la conducta cuando eran expuestos a un SAR de aproximadamente 4 W/kg, tras 30 a 60 minutos de exposición y un aumento de la temperatura del cuerpo de 1 °C. Este valor SAR de 4 W/kg fue utilizado para los estándares de exposición de población humana en los Estados Unidos, rebajado teóricamente con distintos factores de seguridad. Se estableció así un límite para la exposición ocupacional de 0,4 W/kg (1/10 del SAR con efectos) y de 0,08 W/kg para el público (1/5 de la exposición ocupacional) (Lai, 2000).

Los estándares anteriores, derivados de experimentos de corto plazo, se aplican actualmente a poblaciones que están expuestas a las radiofrecuencias y microondas durante períodos muy largos de tiempo e incluso durante toda su vida. Pero los estudios realizados sobre efectos a largo plazo han relativizado la validez de esos criterios.

D'Andrea y otros (1996a) expusieron ratas a frecuencias de 2450 MHz durante 7 horas por día, 7 días a la semana durante 14 semanas. Al término del experimento hallaron que cuando el SAR era de 0,7 W/kg se producían alteraciones en la conducta. D'Andrea y otros (1986b) también expusieron ratas a frecuencias de 2450 MHz y un SAR de 0,14 W/kg durante 7 horas por día, 7 días a la semana durante 90 días. Concluyeron que el umbral de efectos fisiológicos y de comportamiento para exposiciones crónicas en ratas ocurre entre los 0,5 mW/cm<sup>2</sup> (0,14 W/kg) y 2,5 mW/cm<sup>2</sup> (0,7 W/kg). En consecuencia, sostiene Lai, "las radiofrecuencias pueden producir efectos a muchas menores intensidades cuando un animal está expuesto en forma crónica. Esto puede tener implicancias muy significativas para las personas expuestas a las torres de transmisión" (Lai, 2000).

El efecto de las exposiciones a largo plazo no solo se relaciona con un incremento en la sensibilidad. También genera otros tipos de respuesta, lo que muestra la complejidad de las interacciones entre radiofrecuencias y materia viva. Estas son algunas de las variantes observadas: **(a)** Los efectos se registran después de exposiciones repetidas y prolongadas, pero no a exposiciones de corto plazo (por ejemplo Baranski, 1972; Takashima, Raskmark y Kwel, 1979). **(b)** Los efectos que aparecen como resultado de la exposición a corto plazo desaparecen cuando la exposición es prolongada y repetida (por ejemplo Johnson y otros, 1983; Lai y otros, 1987; 1992), y **(c)** Durante exposiciones de distinta duración se observan diferentes efectos (por ejemplo Dumanski y Shandala, 1974; Lai, Carino y Guy, 1989). Según Lai estos y otros datos muestran que los efectos de exposiciones a largo plazo difieren de los efectos registrados a exposiciones breves y de corto plazo (Lai, 2000).

## 6. EFECTOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS Y OTROS ORGANISMOS.

Las radiofrecuencias y microondas alcanzan todos los ecosistemas de la Tierra y los ambientes acuáticos. Independientemente de las modificaciones que pudieran sufrir por fenómenos de reflexión, refracción y absorción su distribución es mundial. Aunque dependen de fuentes antrópicas *on-off*, que se prenden y apagan siguiendo modelos muy variables (emisiones continuas, discontinuas e irregulares), es tal la cantidad de fuentes que su presencia en los ecosistemas es continua. Pero además de continua es creciente, ya que el total de energía descargada al ambiente por radiofrecuencias y microondas no ha cesado de crecer desde que se instalara la primera emisora radial en los Estados Unidos. Las RF y microondas son posiblemente los contaminantes energéticos de origen humano que mejor se distribuyen y penetran en los ecosistemas de todo el mundo.

Pese a esta ubicuidad los estudios sobre efectos se han limitado, en su inmensa mayoría, a experimentos con animales de laboratorio y trabajos con ser humano. Esta carencia contrasta con las investigaciones que se han hecho sobre los efectos de la radiación ionizante en ecosistemas. Sus consecuencias se estudiaron, por ejemplo, en campos y bosques del Laboratorio Nacional de Brookhaven en Long Island (Woodwell, 1962), en un desierto de Nevada (French, 1964) y en un bosque de lluvia tropical en Puerto Rico (Odum y Pigeon, 1970, Odum 1972). No se han hecho estudios equivalentes para radiofrecuencias y microondas.

Los efectos que tiene la radiación no ionizante de alta frecuencia sobre los animales de laboratorio y el ser humano justifican plenamente la realización de estudios para conocer cuáles son sus efectos sobre los ecosistemas, en particular los naturales o balanceados, y cómo se afectan sus elementos y procesos (factores abióticos, especies vivas, organización, evolución). Gracias a los trabajos realizados sobre animales de laboratorio se sabe que la radiación no ionizante de alta frecuencia produce innumerables efectos a todo tipo de dosis, y a densidades de potencia iguales o mayores a  $0,00000002 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (ver Kondra y otros, 1979, citado por Firstenberg, 1997). Pero es muy poco lo que se ha investigado sobre sus efectos en otros organismos. Se conoce que las radiofrecuencias y microondas producen a muy bajas dosis un aumento en la velocidad de producción de resina y de la senescencia en pinos (Selga y Selga, 1996), un acortamiento de la vida media y deterioro reproductivo en la lenteja de agua (Magone, 1996), y cambios en la velocidad de la división celular en *Vicia faba* (Marha, 1969). Esto último ocurre a  $0,0000000026 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (citados por Firstenberg, 1997).

La ausencia de investigaciones y de datos no guarda relación con la ubicuidad y crecimiento del número de fuentes y del total de energía no ionizante descargada al ambiente. Aunque las radiofrecuencias y microondas carecerían del poder ionizante de los rayos X y Gamma, es interesante mencionar los estudios que se han hecho sobre la exposición a radiación ionizante, y la radiosensibilidad de cromosomas de distintos volúmenes en plantas de semilla. Su sensibilidad varía en tres órdenes de magnitud con respecto al volumen de los cromosomas. Las plantas con cromosomas de gran volumen mueren con una dosis de menos de 1000 rads, mientras que las plantas con cromosomas pequeños, o pocos cromosomas, sobreviven incluso a dosis de 50.000 rads (Sparrow y Evans, 1961; Sparrow y Woodwell, 1962; Sparrow, Schairer y Sparrow, 1963). Estas relaciones sugieren, según Odum, que cuanto mayor sea el blanco cromosómico mayor es la probabilidad que sean alcanzados por los proyectiles radiantes (Odum, 1972). Es interesante recordar aquí que cuando se exponen plantas a radiofrecuencias y microondas, a  $0,042-6,6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , sufren daño en sus cromosomas y sistemas reproductores (Cherry, 1999).

En las plantas superiores no se ha encontrado una relación tan sencilla y directa entre la sensibilidad a la radiación ionizante y la estructura celular. Según Odum, los efectos sobre sistemas específicos de órganos son más críticos. Este autor indica como ejemplo que los mamíferos son muy sensibles a dosis bajas de rayos X y Gamma porque el tejido hematopoyético de la médula ósea, de división rápida, es especialmente vulnerable. Algunos investigadores han informado que la  $DL_{50}$  (la dosis letal para el 50 por ciento de una población expuesta) de ciertos roedores silvestres es de aproximadamente el doble del de la rata o el ratón blanco (Gambino y Lindberg, 1964; Golley y otros, 1965; Golley y Gentry, 1969; Odum, 1972). En términos generales se considera a los mamíferos como los más sensibles y a los microorganismos (por ejemplo virus y bacterias) como los más resistentes de todos los organismos. Las plantas de semilla y los vertebrados menos complejos se situarían en algún punto entre los insectos y los mamíferos. Se necesitan 5000 rads para esterilizar un insecto pero más de 100.000 rads para matar toda la población de una especie muy resistente (Odum, 1972). Los efectos de dosis crónicas, en cambio, son muy difíciles de predecir (algo que también debe ocurrir con las radiofrecuencias y microondas). Estos resultados sobre sensibilidades diferenciales son muy importantes para predecir las consecuencias que provoca sobre los ecosistemas una exposición a niveles de radiación ionizante mucho mayor a aquella bajo la cual evolucionaron (Odum, 1972).

También se ha reportado que las radiofrecuencias y microondas podrían tener efectos negativos sobre las aves. En Gran Bretaña varios autores consideran que los campos electromagnéticos generados por las antenas de telefonía celular habrían provocado la desaparición de 10 millones de gorriones. Según Rosie Cleary, del *British Trust for Ornithology*, la desaparición de ciertas especies de aves en las grandes ciudades se correlaciona con el ingreso y multiplicación de los mástiles de telefonía móvil. En Londres, entre 1994 y 2003 la población de gorriones se redujo en un 75%, y en la totalidad del país bajó de 24 millones de individuos a menos de 14 millones. Esta disminución podría deberse a los campos de radiación e incluso a su posible efecto negativo sobre el sistema de navegación de las aves (Cleary, 2003; Henshaw, 2003).

Lamentablemente se carece de información sobre el efecto de las radiofrecuencias y microondas sobre los ecosistemas de distinta biodiversidad (desde los más simples e inestables, como las ciudades y cultivos, hasta los más complejos y de gran capacidad de autorregulación como los bosques nativos). Semejante vacío es incomprensible frente a los estudios que muestran la hipersensibilidad de ciertas plantas a la radiación no ionizante de alta frecuencia (ver Selga y Selga, 1996, y Marha, 1969, citados por Firstenberg, 1997), y los innumerables efectos hallados en animales. Existe además un agravante. El nivel de contaminación por radiofrecuencias y microondas, y otros contaminantes como las sustancias químicas radiactivas y no radiactivas, aumenta geoméricamente mientras la superficie, volumen y densidad ecológica de los ecosistemas naturales de la Tierra, los más biodiversos y estables, disminuye a un ritmo que también es geométrico (hay cada vez menos ecosistemas terrestres y acuáticos nativos) (Montenegro, 1999).

Esta pérdida de biodiversidad e información ecológica hace que las especies vivas y sus poblaciones tengan progresivamente menos resistencia a los cambios generados por la tecnología y la sociedad de consumo. Lo irónico es que para sobrevivir como especie la población humana necesita de mosaicos ambientales donde predominen ambientes naturales, los mismos que hoy se destruyen a tasas geométricas. En 1994 se destruía, por minuto, un promedio de 32 hectáreas de bosque tropical húmedo y se desertificaban 11 hectáreas. Al mismo tiempo, también por minuto, morían de enfermedades evitables 24 niños, nacían de 177 a 186 nuevos habitantes, e ingresaban a la franja de la miseria 47 nuevos pobres (ver Montenegro, 1999).

Actualmente la selección natural estaría favoreciendo, en el corto y mediano plazo, a aquellas especies, poblaciones e individuos que mejor se adaptan a los ambientes contaminados, ecológicamente simples y de baja biodiversidad. Dicha adaptación no significa sin embargo supervivencia garantizada. Es apenas un éxito relativo y transitorio que colapsa al colapsar los ecosistemas proveedores. Aunque las radiofrecuencias y microondas son agentes de riesgo poco conocidos y evaluados, se agregan a otras formas de energía y sustancias químicas cuya descarga también se acrecentó en los últimos dos siglos. Se desconoce por ahora cuál será el resultado de estas asociaciones. Existen sin embargo algunos indicios de sinergismo a pequeña escala. La radiación no ionizante de alta frecuencia aumenta los efectos de muchas sustancias, entre ellas morfina, librium, haldol y anfetaminas (Frey, 1994). Incrementan asimismo la toxicidad del formaldehído y del monóxido de carbono (Shandala y Vinogradov, 1978), y del cardiazol (Baranski y Czerski, 1976). Algunos factores ambientales, como las mayores temperaturas, aumentan a su vez la sensibilidad de los organismos vivos a las microondas (Baranski y Czerski, 1976) (citados por Firstenberg, 1997). Esto podría tener efectos negativos en los tejidos, donde el mayor calentamiento producido por frecuencias y microondas podría aumentar su sensibilidad a sucesivas dosis de radiación no ionizante de alta frecuencia. Por otra parte el creciente calentamiento que provoca el sobre efecto invernadero en la superficie terrestre y la troposfera contribuiría, en muchas ciudades, a aumentar la sensibilidad de las personal a las radiofrecuencias y microondas.

## **E. OTROS EFECTOS DE LAS ANTENAS.**

### **1. EFECTOS ESTRUCTURALES EN EDIFICIOS.**

La instalación de antenas de telefonía móvil y de otro tipo en las azoteas de edificios implica la colocación de equipos (por ejemplo "*shelters*") que en algunos casos pesan varias toneladas. Según Mancini, los "*shelters*" que acompañan a las estructuras metálicas de la antenas de telefonía móvil llegan a pesar 10 toneladas (Mancini, 2002). Cuando estas instalaciones se realizan sobre estructuras incapacitadas para contenerlas pueden producir graves daños sobre el inmueble.

### **2. EFECTOS POR CAIDA DE TORRES Y MASTILES.**

Los mástiles y torres donde están instaladas las antenas de radio AM, televisión, telefonía celular, servicios de Internet, etc., pueden eventualmente caer, afectando bienes y personas. Esta caída puede ser provocada por fenómenos meteorológicos inusuales, choque de vehículos contra su base o atentados.

### **3. EFECTOS NEGATIVOS SOBRE EL PAISAJE.**

La instalación de mástiles y de múltiples antenas de telefonía móvil en la azotea de grandes edificios de departamentos disminuye la oferta paisajística. El impacto aumenta cuando tienen a escasa distancia otras antenas (de telefonía celular, de radios AM y FM, de servicios de Internet, de antenas de banda ciudadana, etc). De este modo una decisión personal o grupal de alquilar terrenos o azoteas para la instalación de antenas altera las visuales. Este deterioro de la calidad paisajística es particularmente grave en ciudades con perfil turístico.

### **4. DEVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES.**

Las viviendas unifamiliares y edificios de departamentos situados a escasa distancia de antenas de grandes dimensiones suelen depreciarse. La altura y los colores

llamativos de estas torres facilitan su identificación aunque los vendedores de una propiedad colindante omitan mencionarlas. Un fenómeno similar ocurre con los departamentos de aquellos edificios que tienen en su azotea una o más antenas de telefonía móvil. Aunque suelen carecer de grandes mástiles, su colocación depende de decisiones colectivas tomadas por los propietarios de departamentos (consorcistas). Es frecuente que los departamentos ubicados cerca de la antena pierdan más su precio que los departamentos situados en planta baja. También se ha observado que la venta de estas propiedades resulta más difícil que la venta de propiedades similares pero ubicadas en edificios sin antenas en la azotea y sin mástiles próximos.

## **5. CONFLICTOS ENTRE VECINOS.**

Las antenas se instalan en terrenos sin edificar o escasamente edificados, y en la azotea de edificios de departamentos y otras grandes construcciones elevadas. Ocasionalmente se ocultan en el subsuelo, en "pliegues" edilicios y hasta en símbolos y construcciones religiosas (cruces de grandes dimensiones, campanarios etc.).

Cuando la instalación se concreta en un barrio de viviendas unifamiliares y de baja densidad es frecuente que se generen conflictos entre el particular que alquila el terreno, y los vecinos que se sienten afectados por la radiación de la antena. En los edificios de departamentos ocurren fenómenos similares pero sobre un bien que es de propiedad común y donde interactúan propietarios y tenedores precarios (inquilinos). Estos conflictos suelen darse cuando la decisión final de arrendamiento de la azotea o de un espacio a nivel del suelo es tomada inicialmente por alguno de los propietarios o por el administrador (sea propietario o no), y luego es debatida (o no) entre todos los propietarios. Con frecuencia no se alcanza consenso, y en muchos casos la instalación es arbitraria e inconsulta. Ambas situaciones generan conflictos.

En la ciudad autónoma de Buenos Aires rige la resolución 902/1998 de la Dirección General de Fiscalización de Obras y Catastros, donde se establecen los requisitos para la instalación de antenas base de telefonía móvil. Además de los diversos estudios estructurales, en el caso de inmuebles sometidos al régimen de propiedad horizontal, el interesado debe presentar la autorización aprobada en forma unánime por todos los propietarios del edificio. Dicho documento debe estar certificado por un Escribano Público (Mancini, 2002).

Los conflictos también se generan cuando la oferente de espacio es una iglesia o establecimiento educativo, solo que en estos casos la oposición es liderada usualmente por la comunidad no propietaria que usa los servicios, y que puede verse afectada.

En algunas escuelas privadas sus propietarios cierran trato con empresas de telefonía móvil para que estas puedan instalar antenas muy cerca de las aulas y de los espacios de uso común, o instalan en el predio emisoras de radio FM. Es frecuente que los padres de los alumnos se opongan a estas iniciativas, y que incluso trasladen sus hijos a otras escuelas. Esto hace que los directivos y propietarios de instituciones educativas cancelen los contratos firmados con empresas de telefonía móvil o discontinúen proyectos de operación local de radios FM.

En casos como los anteriores puede ocurrir que los responsables de haber tomado la decisión de alquilar una azotea o un terreno eludan las demandas legítimas de los propietarios (este es el caso de un edificio de departamentos), o de los potenciales afectados. Estos últimos, que no son propietarios del predio ni del edificio en cuya azotea se instaló la antena, pueden iniciar actos administrativos y judiciales por daños

y perjuicios: inquilinos de departamentos expuestos, vecinos cuyas viviendas y comercios están a distancia crítica, feligreses de una iglesia en cuyo techo se haya instalado la antena, etc.

El caso ya citado de la Audiencia de Frankfurt fue iniciado precisamente por 38 vecinos que se sentían afectados por la antena base colocada en el techo de la Iglesia de la Cruz, propiedad de la Comunidad Evangélica de Oberkursel (Frankfurt, Alemania). Además de accionar contra la Comunidad Evangélica, que alquilaba su predio, también lo hicieron contra la empresa de telefonía móvil. La Audiencia falló a favor de los vecinos, y dictó una Sentencia de Interdicto contra los demandados (Audiencia de Frankfurt, 2000; Huidobro, 2001).

## **6. RESPONSABILIDAD CIVIL.**

La persona física o jurídica que arrienda un predio de su propiedad para la instalación y operación de una antena de telefonía, radio, televisión, servicios de Internet, etc., es solidariamente responsable, junto a la empresa operadora, de todos sus efectos negativos sobre la salud, el ambiente y las propiedades (cualquiera sea la distancia a que se halle la persona o cosa afectada, en tanto dicho efecto sea responsabilidad de una determinada antena, y esto se demuestre técnicamente). Igual responsabilidad le cabe a la persona física o jurídica que instala una antena de su propiedad en un predio que también le pertenece.

En el caso particular de las antenas de telefonía móvil ubicadas en las azoteas de edificios, la responsabilidad civil, que es compartida por todos los propietarios de departamentos sometidos al régimen de propiedad horizontal, no se limita a los efectos que pudieran ocurrir dentro del edificio o sus inmediaciones, sino también a los efectos a distancia. Es frecuente que los lóbulos de descarga principal de microondas y radiofrecuencias, enfrentados a asentamientos unifamiliares de una o dos plantas, descarguen importantes densidades de potencia en edificios de departamentos relativamente alejados y que se hallan a distancias críticas. En tales casos los protocolos usuales de medición no suelen incluir mediciones en los pisos más expuestos de edificios cercanos o potencialmente muy expuestos.

Además de la responsabilidad civil por daños a la salud, los afectados también podrían iniciar demandas judiciales si consideran que la continuidad operacional de la antena los afecta económicamente (pérdida del valor de la propiedad, disminución de la oportunidad de venta, etc.). Aunque en Argentina la jurisprudencia sobre ambos temas es escasa, la falta de inocuidad de las fuentes emisoras de radiofrecuencias y microondas, y la incapacidad de los estándares locales para proteger la salud de los efectos térmicos, atérmicos y no térmicos (Resolución n° 202/1995) toman previsible el inicio de múltiples acciones a corto y mediano plazo.

## **F. REGULACIÓN DE LAS FUENTES Y DE SUS DESCARGAS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE.**

### **1. MARCOS EXTERNOS DE REFERENCIA.**

#### **1.1. Incapacidad de los estándares ICNIRP/WHO/UE para proteger la salud.**

En 1998 la ICNIRP (*International Comisión on Non-ionizing Radiation*) propuso valores de referencia de radiación no ionizante para proteger la salud humana. ICNIRP asumió la posición de que en el rango de las altas frecuencias solo aparecen efectos negativos para la salud humana cuando se produce un sobrecalentamiento de los tejidos de más de 1 grado Centígrado, relacionado con una tasa específica de

absorción (SAR) de 4 W por kilogramo de tejido. Para proteger a las personas más sensibles se introdujo un factor de protección de 50, con lo cual el SAR se redujo a 0,08 W/kg. Debido a que el SAR sólo es medible con modelos de computadoras y otros procedimientos sofisticados se derivó un llamado "nivel de referencia" expresado en intensidad de campo eléctrico (V/m) o intensidad de campo magnético (A/m), o como densidad de potencia ( $W/m^2$ ). Los niveles de referencia propuestos en 2000 por la ICNIRP para los rangos de frecuencia usados en telefonía móvil (900 MHz y 1800 MHz) fueron, respectivamente,  $4500 \text{ mW}/m^2$  ( $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2 = 0,45 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) y  $9000 \text{ mW}/m^2$  ( $900 \mu\text{W}/\text{cm}^2 = 0,90 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ). Tales criterios se basaron en recomendaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud) y del Consejo Europeo (*UE-Council*).

En junio de 2000 la "Conferencia Internacional sobre Localización de Antenas Celulares", realizada en Salzburgo, declaró formalmente que las propuestas de la ICNIRP para proteger la salud de las personas de los campos electromagnéticos de alta frecuencia eran "científicamente insostenibles e incapaces de proteger la salud humana" (ICCTS, 2000).

Estados Unidos es uno de los países que adoptó los estándares propuestos por ICNIRP/WHO/EU. En ese país la Comisión Federal de Comunicaciones estableció guías para densidades de potencia y tasas de absorción específica. El estándar para densidad de potencia ("S") es de 0,2 a 1  $\text{mW}/\text{cm}^2$ . A 100-200 pies de distancia de la estación base (aproximadamente 30,48-60,96 metros) una persona puede estar expuesta a  $0,001 \text{ mW}/\text{cm}^2$  de densidad de potencia, y un valor SAR de 0,001 W/kg (1  $\text{mW}/\text{kg}$ ). En Estados Unidos los valores guía de absorción específica varían de 0,08 a 0,4 W/kg (Lai, 2000).

## 1.2. Razones que explican la incapacidad de los criterios ICNIRP/WHO/EU.

Los estándares de la ICNIRP y por lo tanto los adoptados en Argentina, son el resultado de asumir los siguientes criterios: **(a)** Los efectos adversos de las radiofrecuencias y microondas sobre la salud humana son debidos a efectos térmicos. **(b)** La duración de la exposición no es importante, ya que los efectos se relacionan con la tasa de absorción de energía. **(c)** Los efectos irreversibles son los efectos que se toman en cuenta. **(d)** No hay diferencia en la sensibilidad a los efectos térmicos que se observan en seres humanos y animales de laboratorio. **(e)** No se considera la variabilidad de la población de cada estadio del desarrollo humano (población de células sexuales, población de cigotos, población de embriones, población de fetos, población de niños de 1-3 años, población de niños mayores, población de adolescentes, población de adultos). **(f)** No se considera la interacción de las radiofrecuencias y microondas con otros agentes energéticos y materiales, y **(g)** No se consideran los efectos sobre otros organismos vivos (distintos del ser humano y de animales de laboratorio), ni sobre los ecosistemas (ver Macfarlane, 1999).

Los estándares ICNIRP/WHO/EU fueron desarrollados en base a la observación de efectos térmicos para cortos períodos de exposición, y no están referidos, necesariamente, a los estadios de desarrollo humano más sensibles (cigotos, embriones, fetos, niños). Esto ya se analizó anteriormente en la sección dedicada a exposiciones de largo plazo y acumulación de efectos.

Neil Cherry de la *Lincoln University Christchurch*, de Nueva Zelandia, verificó mediante numerosos estudios, algunos de ellos dosis-respuesta, que el valor de 0,08 W/kg establecido por la ICNIRP y la OMS para proteger la salud "es equivocado". Concluyó que los campos electromagnéticos de las estaciones de telefonía móvil implican riesgo de graves enfermedades para la población expuesta, entre ellas desórdenes neurológicos, cáncer, enfermedades cardíacas y desórdenes reproductivos. Propuso

por lo tanto una reducción del valor aceptado para la exposición media de la población a  $0,1 \text{ mW/m}^2$  (Cherry, 2000).

### 1.3. Los estándares legales y precautorios.

La creciente evidencia de los efectos térmicos y no térmicos de las radiofrecuencias y microondas, resumidos en este trabajo, tornan insuficientes e irreales los estándares sugeridos por la ICNIRP y adoptados por la Argentina. De allí que la actual realización de mediciones estandarizadas solo sirva para indicar si los valores observados se encuentran por arriba o por debajo de los límites aceptados en Argentina, lo que en ningún caso puede ser utilizado como indicador, respectivamente, de que producen y no producen efectos negativos sobre la salud humana.

La evidencia que se ha acumulado sobre los efectos térmicos y no térmicos de las radiofrecuencias y microondas torna irresponsable la continuidad de estándares conservadores y que no protegen efectivamente la salud de las personas y el ambiente. De allí que la actitud más responsable sea adoptar, en forma preventiva, los criterios más estrictos. Existen varios caminos posibles, entre ellos el de valoración acotada que siguió la ICNIRP, y el de valoración epidemiológica, basado en el desarrollo de de dosis de seguridad (RfD, MRL), LOAEL y NOAEL.

**(a)** Criterio acotado seguido por ICNIRP/WHO/EU y asimilables. Como ya se dijo anteriormente, este abordaje privilegia una simplificación excesiva de la realidad. En lugar de buscar la dosis mínima a la cual ya se observa algún tipo de efecto adverso, para luego desarrollar dosis de seguridad, se optó por un criterio arbitrario que solo considera los efectos térmicos a irreversibles para exposiciones de corto plazo. Esta permisividad ha facilitado la expansión de la telefonía celular y de otras tecnologías emisoras de radiofrecuencias y microondas. Los valores ICNIRP/WHO/EU ignoran por otra parte el Principio de Precaución.

**(b)** Criterios de dosis de seguridad, LOAEL y NOAEL. Este enfoque ha sido extensamente desarrollado para las sustancias químicas, y puede ser aplicado a las distintas formas de energía que son riesgosas para la salud y el ambiente. Un Protocolo donde se incluye este enfoque a la radiación ionizante y no ionizante fue desarrollada por Montenegro y Chuit (2003).

Dos organismos de Estados Unidos, la EPA y la ATSDR desarrollaron, respectivamente, los criterios de dosis de referencia (RfD) y de dosis de riesgo mínimo (MRL). Ambas clasificaciones de dosis implican que las sustancias químicas (o la energía considerada) no son nocivas a estos niveles. Se asume que un contaminante a una dosis igual a la RfD o MRL no debería representar un riesgo para la gran mayoría de las personas.

La RfD y la MRL son dosis teóricas que han sido generadas a través de curvas dosis-respuesta. Tanto la RfD como la MRL fueron logradas a partir de las dosis de exposición en que se presenta el primer efecto adverso. Si una sustancia (o energía) causa varios efectos adversos, solo el que se presenta a la menor dosis es considerado para el cálculo de la RfD o MRL. Dada la limitación de información científica disponible existen numerosos agentes para los cuales no se han definido ni la RfD ni el MRL. Usualmente los datos sobre sustancias químicas y algunas sustancias radiactivas pueden hallarse en los bancos de datos de la EPA (la base IRIS) y de la ATSDR (CEPIS, 1999).

Cuando se cuenta con estos datos, el evaluador o responsable de establecer límites deberá tratar de obtener la NOAEL (la máxima dosis experimental en la cual no se ha

observado un efecto adverso, *No Observed Adverse Effect Level*) y la LOAEL (mínima dosis experimental en la cual se observa un efecto adverso, *Lowest Observed Adverse Effect Level*). La NOAEL y LOAEL pueden obtenerse revisando la literatura científica (por ejemplo los "perfiles toxicológicos" de IRIS-EPA o de la ATSDR). Al término de este proceso el investigador tendrá tres dosis expresadas en mg/kg.día para sustancias químicas, y en W/kg para energías, las que siempre deberán ser consideradas para la misma vía de exposición en las sustancias (oral, dérmica o inhalatoria en el caso de sustancias químicas; sectorial o de cuerpo entero para las energías), ello para el mismo efecto o padecimiento: **(a)** La RfD o MRL, dosis de seguridad a la cual no debe haber efecto alguno. **(b)** NOAEL, dosis máxima en la que no se ha observado efecto adverso alguno, y **(c)** LOAEL, dosis mínima a la cual ya se observó algún tipo de efecto adverso (CEPIS, 1999; Montenegro y Chuit, 2003).

Neil Cherry indica que en base a criterios epidemiológicos se puede establecer un LOAEL para radiofrecuencias y microondas de  $0,06 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , para cáncer y efectos reproductivos, y de  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para interrupción del sueño, dificultades de aprendizaje y supresión del sistema inmune (Cherry, 1999). En este caso la LOAEL sería de  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Esta dosis puede ser referida, según las frecuencias y contenidos de energía de las ondas, a W/kg (absorción específica, SAR). Asumiendo que  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  es el mínimo valor al que se advierten efectos adversos, este mismo valor disminuido en un cierto factor de protección podría darnos un NOAEL de  $0,0003 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . El problema práctico de este valor es que los niveles base de densidad de potencia son relativamente altos en zonas urbano-industriales. Cherry indica que en ciudades de Australia y Nueva Zelanda el fondo es de  $0,001$  a  $0,003 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Este investigador propone por lo tanto un estándar futuro (a 10 años, contados a partir de 1999) de  $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (Cherry, 1999).

La principal dificultad para la obtención del LOAEL es la definición de lo que se considera un efecto adverso. Actualmente existen numerosos efectos registrados a densidades de potencia extremadamente pequeños, pero no todos esos efectos se consideran deletéreos. Cuando se define lo que es un efecto adverso y se obtiene la dosis a que se produce, la NOAEL se hallara en algún punto de la franja ubicada por debajo de ese LOAEL. Si se toma como efecto negativo la mayor ovulación que produce en gallinas la radiación no ionizante de alta frecuencia, a  $0,00000002 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , este podría ser un límite orientador (ver Kondra y otros, 1970, citado por Firstenberg, 1997). El NOAEL podría ubicarse, por ejemplo, en  $0,00000001 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Hasta tanto se defina esta cuestión, resistida por las principales compañías fabricantes y operadoras de tecnologías emisoras de radiofrecuencias y microondas, puede optarse por alguno de los siguientes valores orientativos. Algunos de ellos son estándares legales, y otros, en cambio, estándares precautorios.

#### **(a) Estándares legales.**

Entre los criterios más estrictos que rigen como norma en un país (estándar legal) están los de Suiza:  $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 0,004 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) y  $4 \text{ V}/\text{m}$  para 900 MHz;  $7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 0,007 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) y  $5 \text{ V}/\text{m}$  para 900 +1800 MHz, y  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 0,01 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) y  $6 \text{ V}/\text{m}$  para 1800 MHz. Cabe recordar que para Argentina el estándar es de  $950 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para 1900 MHz, y de  $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para 800 MHz.

#### **(b) Estándares precautorios.**

Entre los estándares precautorios que se han propuesto están los siguientes: **(b.1)** Propuesta de  $0,03 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 0,3 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,00003 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) (Propuesta de

Salzburgo, por operador y por sitio). **(b.2)** Propuesta de  $0,02 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 0,2 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,00002 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) (Propuesta de Neil Cherry, Nueva Zelanda, para el año 2000). **(b.3)** Propuesta de  $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 0,1 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,00001 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) (propuesta de Neil Cherry, Nueva Zelanda, para el año 2010), y **(b.4)** Propuesta de  $0,0003 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (derivada de aplicar un factor de protección al LOAEL sugerido por Cherry, que es de  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para interrupción del sueño, dificultades de aprendizaje y supresión del sistema inmune) (ver Cherry, 1999). Este último estándar precautorio podría ser un límite biológicamente correcto, pero es poco práctico dada la actual contaminación de las atmósferas urbanas con radiofrecuencias y microondas.

#### 1.4. Los tiempos de exposición.

Otro elemento de controversia son los períodos a que están referidas las mediciones. Aunque un factor fundamental es el tiempo de exposición, las normas, a diferencia de lo que ocurre para radiación ionizante, por ejemplo rayos X, no dan valores para acumulación total. Los límites contenidos en el Código 6 de Canadá (*Canadian Safety Code*), de 1991, indican que la exposición ocupacional a radiofrecuencias es de  $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$  promediada para una hora y  $25 \text{ mW}/\text{cm}^2$  promediada para un período de un minuto. Los estándares de Suecia, en tanto, diferencian rangos de frecuencia y establecen niveles más bajos para las microondas de mayor riesgo. Los valores considerados son: **(a)** Para  $5 \text{ mW}/\text{cm}^2$  (0-300 MHz) se promedia sobre 0,1 hora (= 6 minutos). **(b)** Para  $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$  (0,3-300 GHz) se promedia sobre 0,1 hora (= 6 minutos) y **(c)** Para  $25 \text{ mW}/\text{cm}^2$  (10-300 GHz) se promedia sobre un segundo. Esta falta de referencia a la exposición acumulada debería ser revisada. Para proteger más efectivamente la salud de las personas las normas y estándares deberían contener el límite para los picos y el límite para las dosis (Scherer, 1994).

Scherer indica que la exposición acumulada de radiofrecuencias podría establecerse utilizando el mismo procedimiento que se usa para medir el consumo acumulado de potencia para un cierto tiempo, por ejemplo  $\text{mWh}/\text{cm}^2$ . Si esto se aplicara a los estándares contenidos en el Código 6 habría una dosis acumulada de  $1 \text{ mWh}/\text{cm}^2$  para una hora, pero  $0,4 \text{ mWh}/\text{cm}^2$  para un minuto. Aplicando esta misma metodología al Código de Suecia correspondería  $5 \text{ mWh}/\text{cm}^2$  para el rango de 300 MHz-300 GHz, el mismo que para el Código 6 de Canadá. Criterios similares podrían disponerse para el cálculo de las dosis pico. Lamentablemente los estándares actuales no consideran funciones acumuladas. Esto se debe, quizás, a supuestas diferencias entre las tecnologías generadoras de rayos X, y las de radiofrecuencias. Para los rayos X se puede fijar un tiempo de recuperación coincidente con un tiempo de no exposición. Pero a nivel de radiofrecuencias esto es prácticamente imposible pues la exposición no se interrumpe (Scherer, 1994). Las antenas de telefonía móvil y muchas de radio y televisión, por ejemplo, funcionan las 24 horas del día.

#### 1.5. Países que adoptaron estándares más estrictos que los criterios ICNIRP/WHO/EU.

Entre los países que rechazaron la guía de valores propuesta por la ICNIRP y el Consejo Europeo se encuentra Suiza. Como ya se mencionó antes, en ese país la BUWAL estableció un estándar de: **(a)**  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 100 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,010 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) y 6 V/m para la frecuencia de 1800 MHz. **(b)**  $7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 70 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,007 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) y 5 V/m para la frecuencia de 900-1800 MHz, y **(c)**  $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 40 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,004 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) y 4 V/m para la frecuencia de 900 MHz (ICCTS, 2000; Huidobro Camarero, 2001).

Italia por su parte adoptó un estándar de  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $=100 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,01 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) por instalación para la frecuencia de 1800 MHz, y  $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 40 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,004 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) para la frecuencia de 900 MHz (Giuliani, 2000; Huidobro Caballero, 2001).

En Rusia el estándar permitido de exposición para el público es  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $=100 \text{ mW}/\text{m}^2 = 0,01 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ). Mediciones recientes realizadas en la primera línea de los edificios ubicados frente a una estación base ( $n=787$ ) arrojaron una media de  $2,3 \text{ mW}/\text{m}^2$ , con un máximo de  $9,3 \text{ mW}/\text{m}^2$  (Grigoriev, 2000). Evaluaciones realizadas en 16 espacios abiertos de áreas urbanas de Suecia mostraron un valor de densidad de potencia de  $3 \text{ mW}/\text{m}^2$ . En el área operan sistemas GSM 900 (Hamnerius, 2000).

Otros países que han adoptado estándares inferiores a los de la ICNIRP son Luxemburgo, Suecia, China y Nueva Zelanda, ello en función de los resultados disponibles sobre efectos, y la aplicación del Principio de Precaución. En Nueva Zelanda 6 Municipios adoptaron voluntariamente los estándares propuestos por Neil Cherry:  $0,02 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para el año 2000, y  $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para el año 2010 (ICCTS, 2000; Huidobro Camarero, 2001).

Seis Municipios de Australia, por su parte, adoptaron como valor de referencia  $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Gert Oberfeld, del área de Salud Ambiental del Gobierno Federal de Austria reivindica la importancia de la protección de la población en base al principio de precaución. En ese país opera desde 1997 el "Modelo Dinámico de Salzburgo" que incluye la activa participación del público.

Oberfeld indica que la optimización de los sitios de localización de antenas base logró que se redujera su exposición de un factor de 100 a 1000. Uno de sus elementos principales es el cálculo de la exposición que se registra alrededor de la antena para la máxima potencia posible de la instalación. Si es necesario esa potencia debe reducirse para cumplir con los requisitos establecidos por el gobierno. El valor límite de  $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  fue dividido entre los cuatro proveedores, estableciéndose en  $0,025 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ( $= 0,25 \text{ mW}/\text{m}^2$ ) (Oberfeld, 2000).

## **1.6. Distancias de protección entre las personas y las antenas.**

Dada la gran variabilidad que muestran las antenas en frecuencia, potencia y estructura, una de las alternativas de control es el establecimiento de distancias mínimas entre torres y personas. Su principal dificultad es la carencia de espacios urbanos aptos, o la falta de coincidencia entre la oferta de superficies y las necesidades de las empresas.

Pese a sus dificultades este sistema de control pasivo es mucho más práctico y realista que el control, antena por antena, de los modelos de emisión. Esta es la estrategia que se ha estado siguiendo para reducir la exposición del público a los campos magnéticos que generan las líneas de alta y media tensión.

Benoit Stockbroek, de la Facultad de Ciencias Aplicadas, Electromagnetismo, Microondas y Comunicaciones de la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica) indica que esta distancia debe ser de 54 metros para frecuencias de 900 MHz y de 64 metros para las de 1800 MHz (Huidobro Camarero, 2001).

Existen algunos Ayuntamientos, como el de Sant Feliu de Guixols, en España, que establece una distancia mínima de seguridad de 100 metros alrededor de la antena (Huidobro Camarero, 2001).

Santini y otros (2002) encuestaron a 530 personas (270 hombres y 260 mujeres) que vivían o no en las cercanías de una estación base de telefonía móvil. El cuestionario tenía 18 preguntas sobre síntomas no específicos (salud). La comparación de las frecuencias de las quejas con la distancia a la antena mostró un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) comparado con personas que viven a  $>300$  m o no están expuestas: hasta 300 m para cansancio, hasta 200 m para dolor de cabeza, alteración del sueño, molestias etc. y hasta 100 m para irritación, depresión, pérdida de memoria y vértigo. En base a los resultados obtenidos consideraron que la distancia entre las antenas y las personas no debería ser inferior a 300 m (Santini y otros, 2002).

## 2. LIMITES VIGENTES EN ARGENTINA.

Para generar un marco de protección frente a la creciente instalación de sistemas emisores de radiofrecuencias y microondas el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la Nación condujo un estudio de relevamiento bibliográfico y recopilación de antecedentes llamado "Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre los 100KHz y 300GHz". Estos criterios fueron aprobados mediante Resolución 202 en junio de 1995.

Dado que los equipos de comunicaciones son los principales generadores de frecuencias en este rango, las áreas específicas del gobierno nacional establecieron que tales fuentes debían cumplir la Resolución 202. Dicha obligatoriedad fue dispuesta por Resolución 50/2000 de la Secretaría de Comunicaciones de la Nación. Posteriormente la Resolución 262/2002 de la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) estableció los criterios para la "Evaluación previa a la instalación de antenas emisoras de conformidad con los parámetros de la Resolución n° 202/95". En esa norma se fijó el "Protocolo para la medición de Radiaciones no Ionizantes" y los formularios "para informar los resultados de dichas mediciones". Esta norma, vigente desde el 18 de marzo de 2002, fue actualizada mediante Resolución 117 del año 2003 (Taborda y otros, 2003).

### Limites máximos de radiación EM habitacionales admitidos

Rango de frecuencia f (Mhz)	Densidad de potencia ( $mW/cm^2$ )	Campo eléctrico E (V/m)	Campo magnético H (A/m)
0,3-1	20	275	0,73
1-10	$20/f^2$	$275/f$	$0,73/f$
10-400	0,2	27,5	0,073
400-2.000	$f/2000$	$1,375f^{1/2}$	-
2.000-100.000	1	61,4	-

**Nota:** Densidad de potencia equivalente de onda plana S.

Como se observa en la tabla, no hay un límite único sino que éste varía con la frecuencia debido a que el cuerpo, o los distintos tejidos, son capaces de absorber mas energía, y por lo tanto son mas sensibles en ciertas frecuencias. En estas zonas del espectro los límites son más bajos. Por otra parte, se distingue entre límites ocupacionales y habitacionales.

Para fuentes radiantes de sistemas de telefonía celular analógica (800 MHz) el límite permitido es de  $0,45 \text{ mW/cm}^2$ , y para sistemas digitales (1900 MHz) de  $0,95 \text{ mW/cm}^2$ . Argentina adoptó así el cuestionado criterio ICNIRP/WHO/EU (ICCTS, 2003).

En base a todos los criterios y trabajos citados en este informe es preciso advertir que los valores adoptados por Argentina y que se utilizan como estándares en Córdoba son excesivamente altos y conservadores. No protegen adecuadamente al organismo humano de los efectos de las radiofrecuencias y microondas (en particular de los efectos no térmicos), e ignoran la propuesta de Salzburgo ( $0,03 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ ) o la de Neil Cherry ( $0,02 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ ). Se debe recordar: **(a)** Que el valor de LOAEL para disrupción del sueño, dificultades de aprendizaje y supresión del sistema inmune es según Cherry (1999) de  $0,0004 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ , y **(b)** Que los trabajos experimentales han mostrado que las radiofrecuencias y microondas estimulan por ejemplo la ovulación en gallinas a valores tan bajos como  $0,0000002 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$  (ver Kondra y otros, 1970).

El estándar que se utiliza en Argentina para la frecuencia de 1900 MHz ( $950 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ ) **es 30.000 veces más alto que el estándar propuesto en Salzburgo "por operador y sitio"**, que es de  $0,03 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$  ( $= 0,00003 \text{ mW/cm}^2 = 0,3 \text{ mW/m}^2$ ). Si se compara en cambio la propuesta de Neil Cherry ( $0,02 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ ) con el valor permitido en Argentina para la frecuencia de 1900 MHz ( $950 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ ), **nuestro país aplica valores 90.000 veces más altos.**

Neil Cherry sugiere que el valor de  $0,02 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$  debería reducirse a  $0,01 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$  para el año 2010 (Cherry, 2000; ICCTS, 2000).

Si se toma como valor de referencia el LOAEL desarrollado por Cherry, de  $0,0004 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$  para la disrupción del sueño, dificultades de aprendizaje y supresión del sistema inmune, y se lo compara con el valor tolerado legalmente en Argentina para frecuencias de 800 MHz, que es de  $450 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$  ( $= 0,45 \text{ mW/cm}^2$ ), este último es  $>1.100.000$  veces más alto.

### 3. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN.

Cuando las radiofrecuencias y microondas son absorbidas por un medio el efecto más obvio es el calentamiento. La intensidad de la radiación puede ser determinada calorimétricamente. En la terminología del sistema SI se conoce como irradiancia y está expresado en  $\text{W/m}^2$ . Tradicionalmente, sin embargo, se ha utilizado el término "densidad de potencia" (WHO, 1981). El fenómeno característico del campo electromagnético en la franja de las frecuencias altas es la unidad indisoluble entre los lados eléctrico y magnético. La existencia de una onda implica tres fenómenos: **(a)** La radiación, producción del campo electromagnético y su emisión en el espacio exterior a la fuente. **(b)** La propagación, expansión del campo en el espacio libre con la velocidad de la luz ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ) y **(c)** Irradiación, incidencia sobre cuerpos cercanos o remotos. La onda tiene la propiedad de transportar energía en su propagación y de transmitirla a los cuerpos irradiados (receptores) (Cristea, 2001).

Las fuerzas de los campos eléctricos y magnéticos asociados ("E" y "H") pueden ser expresiones válidas del flujo de energía radiante. Cuando están expresados en  $\text{V/m}$  y  $\text{A/m}$ , respectivamente, su producto es  $\text{VA/m}^2$ . A distancias mayores a una longitud de onda de la fuente, "E" y "H" están en fase y pueden ser expresados como  $\text{W/m}^2$ . Idealmente, a una distancia suficientemente remota de la fuente de radiación, que puede ser asumida como puntual, el cociente E/H es  $120 \pi$ , esto es,  $377 \Omega$ . La densidad de potencia puede ser derivada, por lo tanto, de  $E^2/377$  o de  $H^2 \times 377$ . Donde "E" y "H" están expresados en  $\text{V/m}$  y  $\text{A/m}$ , esto se refiere a una onda plana o

condiciones de campo lejano. En este caso la densidad de potencia se obtiene midiendo el campo eléctrico "E", o el campo magnético "H". La mayor parte de los instrumentos diseñados para medir la densidad de potencia miden el campo eléctrico porque su técnica es más versátil y plantea menos problemas prácticos (WHO, 1981).

La realización de mediciones de las densidades de potencia electromagnética está limitada por el instrumental y por el personal altamente calificado que se necesita, y por los costos relativamente altos de operación. Esto explica en parte porqué no se realizó hasta ahora una evaluación del fondo de densidad de potencia para la provincia de Córdoba. Solo existen mediciones dispersas pero de excelente calidad.

### **3.1. Técnicas de medición.**

Según el equipo a emplear, las mediciones pueden clasificarse en mediciones de banda ancha, donde se mide la potencia en un rango amplio de frecuencias, como por ejemplo 100KHz – 3GHz, o de banda angosta, donde se mide la potencia de un rango de frecuencia mucho menor, correspondiente al de operación de un servicio específico que se está estudiando (Taborda y otros, 2003).

Por lo general se procede a realizar una medición de banda ancha, en lo que se denomina un estudio de "inmisión", obteniendo el valor total de densidad de potencia en un punto, sin discriminar cual es su fuente. Esto es así ya que para el organismo no importa cual es el origen de la radiación o sus diversos componentes o frecuencias, sino que hay un efecto aditivo (Taborda y otros, 2003).

En caso de que los valores obtenidos superen los admitidos por la legislación vigente, se puede realizar un estudio de "emisión" que permita obtener el valor de densidad de potencia aportado por una fuente en particular. Para este tipo de trabajo se utiliza un instrumento de banda angosta o bien uno de banda ancha. La medición se realiza con la fuente activa e inactiva (Taborda y otros, 2003).

### **3.2. Procedimiento de medición.**

Previo a la medición se lleva a cabo un relevamiento visual del lugar de instalación del sistema irradiante, y se determina, en base a sus características de irradiación, cuáles son los puntos de mayor riesgo tanto externos al predio de la antena como internos. Estos son los puntos formales de medición (Taborda y otros, 2003).

La medición se debe efectuar en puntos accesibles al público y en sitios donde sea posible realizarla. Estas mediciones deben incluir:

**(a)** Valores a 2 m de la base de la antena en cuatro posiciones separadas 90° y con la sonda de medición ubicada a 1,80 m de altura.

**(b)** Valores en lugares accesibles hasta 12 m de la base de la antena en cuatro posiciones separadas 90° y con la sonda de medición ubicada a 1,80 m de altura.

**(c)** Valores en lugares accesibles hasta 50 m de la base de la antena en cuatro posiciones separadas 90° y con la sonda de medición ubicada a 1,80 m de altura.

**(d)** Valores hasta 100 m de la base de la antena en cuatro posiciones en lo posible separadas 90° y con la sonda de medición ubicada a 1,80 m de altura.

En aquellos casos en los que el Ingeniero actuante considere que los puntos precedentes no son viables dadas las características de la instalación y su funcionamiento, podrá determinar otros puntos de medición, indicando en el informe que realice la justificación correspondiente (Taborda y otros, 2003).

### 3.3. Requisitos de la medición.

La medición de las densidades potencia electromagnéticas requiere el uso de equipamiento costoso, el soporte de laboratorios que mantengan su nivel de precisión y la participación de personal altamente calificado. En Córdoba opera el LIADE, organismo dependiente de la Universidad Nacional de Córdoba. Este laboratorio realiza mediciones de densidad de potencia electromagnética en el rango de frecuencias de 300 kHz a 3 GHz. Trabaja bajo norma ISO 17025 y ha desarrollado un procedimiento (protocolo) propio de medición que se ajusta a la legislación nacional vigente.

## 4. LIMITACIONES DE LAS MEDICIONES E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Las mediciones estandarizadas que se realizan actualmente en Argentina pueden ser empleadas con alguna de las siguientes finalidades.

**(a)** Para determinar si se hallan por arriba o por debajo de los estándares que fija la normativa vigente (estándares legales). Si la lectura indica que se hallan "por debajo" de los estándares, esto no significa que no se produzcan efectos sobre la salud humana. Solo indican que la densidad de potencia observada cumple lo establecido por la Resolución n° 202/1995 y sus actualizaciones.

**(b)** Para determinar si se hallan por arriba o por debajo de los estándares legales de Suiza (ver arriba) o de los estándares precautorios que incluimos en este informe, y que son: **0,03  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$**  (Propuesta de Salzburgo, por operador y por sitio); **0,02  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$**  (Propuesta de Neil Cherry, Nueva Zelanda, para el año 2000); **0,01  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$**  (propuesta de Neil Cherry, Nueva Zelanda, para el año 2010), y **0,0003  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$**  (la propuesta de NOAEL contenida en este trabajo). Cuando los valores estén por encima de alguno de estos estándares (en particular de  $0,02 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) son mayores los posibles riesgos para la salud humana, otros organismos y el ambiente. Cabe aplicar entonces el Principio de Precaución.

Actualmente los protocolos de medición de una antena suelen incluir registros a distancias de 2, 12, 50 y 100 metros (ver Taborda y otros, 2003). La incorporación de otros puntos puede ser decidida por el evaluador. A fin de ampliar la capacidad descriptiva de los estudios sería conveniente normalizar la inclusión de puntos de medición más alejados. De este modo podrían obtenerse valores de densidad de potencia en edificios que por su localización, altura u otras características estén más expuesto a la antena que se estudia.

## 5. LA LEY DE DEFENSA DEL CONSUMIDOR Y LA LEY NACIONAL QUE ESTABLECE LA VIGENCIA EN ARGENTINA DEL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN.

### 5.1. Ley nacional de Defensa del Consumidor.

En Argentina la defensa de los derechos de los consumidores está contenida en un sistema de normas que comprenden: **(a)** La ley nacional 24.240/1993 que se publicó en el Boletín Oficial el 15 de octubre de 1993. **(b)** Las modificaciones a esa ley contenidas en las leyes 24.568, 24.787 y 24.999, y **(c)** El decreto reglamentario

1.798/94. En todo lo relativo a "riesgos" son relevantes los Artículos 4, 5 y 6.

El Artículo 5 de la ley nacional 24.240 establece claramente que quienes "produzcan, importen, distribuyan o comercialicen cosas o presten servicios, deben suministrar a los consumidores o usuarios, en forma cierta y objetiva, información veraz, detallada, eficaz y suficiente sobre las características esenciales de los mismos".

Al tratar sobre las "Cosas y Servicios Riesgosos" el Artículo 6 establece que "las cosas y servicios, incluidos los servicios públicos domiciliarios, cuya utilización pueda suponer un riesgo para la salud o la integridad física de los consumidores o usuarios, deben comercializarse observando los mecanismos, instrucciones y normas establecidos o razonables para garantizar la seguridad de los mismos. En tales casos debe entregarse un manual en idioma nacional sobre el uso, la instalación y mantenimiento de la cosa o servicio de que se trate y brindarle adecuado asesoramiento. Igual obligación registrá en todos los casos en que se trate de artículos importados (...)".

Las empresas proveedoras de servicios de telefonía móvil no brindan a sus clientes la información prevista en el Artículo 6 ("Cosas y servicios riesgosos").

Las compañías omiten incluir, dentro de esa información, los riesgos para la salud y el ambiente de: **(a)** Las antenas base y sus instalaciones. **(b)** Los teléfonos celulares y tecnologías asimilables. **(c)** La acción simultánea, sobre el receptor, de antenas base y de teléfonos celulares, y **(d)** La acción simultánea de microondas con otros agentes contaminantes (energéticos y materiales).

Es muy frecuente que el usuario de una compañía: **(a)** Viva en cercanías de la antena base, y que esta antena le pertenezca a la empresa que brinda el servicio, y **(b)** Permanezca tiempos variables en cercanías de otras antenas de la misma empresa (por trabajo, por estudio, por esparcimiento etc.). Tanto dicha antena como su teléfono celular forman parte del sistema de provisión del servicio (comunicaciones, otras prestaciones) que contrató, como particular, con la empresa. Antenas y terminales son piezas estrechamente asociadas.

Iguales vacíos se detectan para antenas dedicadas a la provisión de servicios de Internet.

Por las razones anteriores cualquier empresa está obligada, por el Artículo 6 de la ley 24.240, a informar al consumidor cuáles son los riesgos y precauciones que debe adoptar para reducir al mínimo el riesgo de ambas fuentes. Entre los criterios que debería abordar el manual o instructivo (previsto en el artículo 6) figuran las distancias de protección, la posible interacción de las radiofrecuencias y microondas con fuentes de contaminación que ya existían etc.

## **5.2. La ley nacional del Ambiente y el Principio de Precaución.**

Es importante recalcar que ningún trabajo científico ha demostrado la inocuidad de las radiofrecuencias y microondas, y mucho menos la inocuidad de su acción simultánea (por ejemplo ELF + RF + microondas).

Al mismo tiempo existe una profusa bibliografía que pese a sus variaciones y diferentes calidades metodológicas marca claramente que las radiofrecuencias y microondas producen efectos sobre los sistemas biológicos y la salud humana. Es cada vez más evidente que los complejos arreglos moleculares y celulares son particularmente sensibles a la radiación no ionizante, incluido el campo magnético

estático. Sin embargo la incidencia de los intereses económicos es de tal magnitud que se pretende, empecinadamente, hallar un inexistente trabajo o revisión que incline la balanza hacia un sector en especial. El conocimiento y la verdad, en cambio, parecen encontrarse más cerca de la tremenda variabilidad de efectos y resultados que en una única explicación simplista del tipo "cualquier tipo y dosis de radiación no ionizante es peligrosa" o "cualquier tipo y dosis de radiación no ionizante es inofensiva".

La multiplicidad y contraposición de trabajos, o la inexistencia de investigaciones para algunos problemas actuales, genera numerosos casos de incertidumbre. Pero dado que está en juego la salud humana y la integridad misma de los ecosistemas no es posible esperar en cada caso la obtención de resultados científicos que eliminen toda duda y falta de certeza. El "Principio de Precaución" fue desarrollado para enfrentar este tipo de situación. Institucionalizado a nivel internacional por la Conferencia de Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo (1992), Argentina recién lo incorporó a su sistema legal en el año 2003 (ver abajo). Este Principio se aplica en los siguientes casos:

**(a)** Cuando no existe información científica que demuestre la inocuidad de una obra o acción. En el caso particular de las radiofrecuencias y microondas no se ha demostrado científicamente su inocuidad.

**(b)** Cuando existe información científica parcial o incompleta que asocia agentes y dosis con efectos negativos para la salud y el ambiente. A fin de facilitar el uso de estos datos, Montenegro introdujo las nociones de "estándar precautorio" y "medida precautoria". Ambos son definidos en base a valores y criterios estadísticamente sólidos que cita la bibliografía con referato (Montenegro, 2002).

**(c)** Cuando la obra o acción tiene alternativas que no producen el impacto a que aluden esos trabajos científicos parciales. En el caso particular de las fuentes de radiofrecuencias y microondas existe una compleja gama de alternativas que pueden reducir sus efectos. Pero a diferencia de la radiación no ionizante de frecuencias extremadamente bajas (ELF), donde la transmisión no se hace por aire sino por conductores sólidos, la capacidad de amortiguamiento es mucho menor.

En Argentina el "Principio de Precaución" o "Principio Precautorio" ha sido incorporado a la legislación nacional por el Artículo 4 de la ley nacional del ambiente 25.675 publicada en el Boletín Oficial el 29 de noviembre de 2002. Dicha normas establece que "La interpretación y aplicación de la presente ley y de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental, estarán sujetas al cumplimiento de los siguientes principios (...) Principio Precautorio: cuando haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente". Este mismo artículo 4 establece, además, los principios de Congruencia, de Prevención, de Equidad Intergeneracional, de Progresividad, de Responsabilidad, de Subsidiariedad, de Sustentabilidad, de Solidaridad y de Cooperación.

El riesgo que plantean las radiofrecuencias y microondas para la salud humana y el ambiente, y el estado de la ciencia en esta materia, tornan ineludible la aplicación del Principio de Precaución. Ningún técnico ni profesional que esté habilitado en temas de biología, bioquímica, salud y ambiente puede aducir inocuidad demostrada de la radiación no ionizante. En cuanto a las profesiones no biológicas, carecen de formación para expedirse técnica y científicamente sobre el particular (por ejemplo Ingenieros, Abogados, Arquitectos, etc.).

La existencia de estándares legales, por otra parte, no significa que esos estándares protejan la salud y el ambiente. El reciente fallo de la Audiencia de Frankfurt ejemplifica dramáticamente la colisión que existe entre estándares legales y estándares precautorios. En ese caso, y en un caso práctico de aplicación del Principio de Precaución, la Audiencia optó por los estándares precautorios. Falló así en contra de la empresa generadora de radiofrecuencias y de los particulares que alquilan su iglesia para la instalación de una antena de telefonía móvil (Audiencia de Frankfurt, 2000).

## **G. ANÁLISIS DE UN CASO: COMPLEJO DE ANTENAS EN VECINDAD DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE ONCATIVO (CÓRDOBA, ARGENTINA).**

### **1. DATOS GENERALES.**

Una familia que vive en su vivienda particular sobre calle General Deheza entre San Martín y Belgrano en la ciudad de Oncativo (Córdoba, Argentina) está a relativamente corta distancia de las siguientes instalaciones: **a)** Una antena de servicios de Internet (Wireless LAN, 2,4 GHz), muy próxima a la medianera trasera de la vivienda (47 m). Esta antena, ubicada en la misma manzana de la vivienda, tiene su frente sobre calle Uruguay, entre San Martín y Belgrano (operación continuada) **b)** Una antena de telefonía celular en el cruce de las calles General Deheza y Calle 2, prolongación de calle Soldado Trillín (opera las 24 horas), a 500 metros lineales de la vivienda. **c)** Una antena de telefonía celular ubicada en el camino a Oliva (que opera las 24 horas), a aproximadamente 1.000 metros lineales de la vivienda. **d)** Una antena de telefonía celular en calle Ituzaingó, entre calles Las Heras e Intendente Mata (que opera las 24 horas), a unos 300 metros lineales de la vivienda. **e)** Una antena de radio FM en calle 25 de febrero al 255 (que opera 1/2 día, unas 12 horas), a 800 metros lineales de la vivienda. **f)** Una antena de radio FM en calle Moreno 348 (que opera 1/2 día, unas 12 horas), a unos 500 metros lineales de la vivienda. **g)** Una antena de radio FM en calle Lamadrid 629 (que opera las 24 horas), a 500 metros lineales de la vivienda. **h)** Una antena de radio FM en calle Lamadrid 373 (que opera 1/2 día, unas 12 horas), a más de 750 metros lineales de la vivienda. **h)** Una antena de radio FM entre calles Belgrano y Vélez Sarsfield (que opera las 24 horas), a más de 350 metros lineales de la vivienda, e **i)** Un conjunto de 14 antenas privadas (muy posiblemente de banda ciudadana, BLU, de 4 a 12 MHz), de operación discontinua e irregular. La más próxima, sobre calle Belgrano, entre Uruguay y General Deheza, se ubica a 100 metros de la vivienda, y la más distante, en la manzana delimitada por las calles Chacabuco, L.N. Alem, Ayacucho y Lamadrid, a 700 metros. Desconocíamos al momento de realizar este estudio si operaban otras dos antenas de radio FM, una en calle Lamadrid 270, y la otra en cercanías del Club Flor del Ceibo.

Este conjunto de antenas y sus respectivos modelos de operación generan un cóctel de radiofrecuencias y microondas. La vivienda se encuentra por lo tanto en una zona de "superposición" de lóbulos de emisión, cada uno de los cuales varía conforme al tipo de antena y potencia (radiofrecuencias, microondas). De ese conjunto de antenas 4 operan con microondas (1 antena de servicios de Internet, 3 antenas de telefonía celular), y 5 con radiofrecuencias (las radios FM operan entre 88 y 108 MHz). Las antenas de banda ciudadana, en tanto, lo hacen a frecuencias más bajas (4 a 12 MHz). El cóctel de energías (radiación no ionizante) se completa con los campos magnéticos de las líneas de media tensión (13,2 kV) y los campos generados en vecindades de transformadores que hace la conversión de 13,2 kV a 220 V. En este caso, se trata de bajas frecuencias (50 Hz).

De la lectura del presente informe pueden inferirse los efectos asociados a las microondas y radiofrecuencias. En cuanto a los campos magnéticos generados por líneas de media tensión, se considera que campos magnéticos iguales o superiores a 0,3 uT pueden aumentar en 1,7-2,0 veces la probabilidad de casos de leucemia infantil (Greenland y otros, 2000; Ahlbom y otros, 2000).

La posible población expuesta a microondas y radiofrecuencias depende: **(a)** De las densidades de potencia generadas por las distintas antenas, y su distribución en el espacio aéreo, sólido y eventualmente líquido. **(b)** De los fenómenos de reflexión, refracción, resonancia etc. que sufran esas ondas durante su propagación. **(c)** De la ubicación de los receptores y de su tiempos de permanencia en las zonas en que ondas y receptores se encuentran, y **(d)** De la energía efectivamente ingresada al cuerpo y absorbida (SAR).

La exposición de mayor riesgo, resultado de la emisión perpendicular de cada antena, con una cierta inclinación hacia el suelo, se registraría en los edificios altos ubicados a distancias críticas de cada fuente. En términos de frecuencia, potencia y patrón de funcionamiento, las antenas de mayor riesgo serían, en orden decreciente, las de FM, las de telefonía celular y la antena de provisión de servicios de Internet. Las antenas de banda ciudadana hacen su aporte a este cóctel.

Por la modalidad de funcionamiento de las antenas involucradas, la mayor concentración de radiación no ionizante (microondas, radiofrecuencias) se daría durante las horas del día, y disminuiría en parte durante la noche, pues tres antenas de radio FM no operan en horario nocturno (medianoche a primeras horas de la mañana).

## 2. SITUACIÓN LEGAL.

Todas las antenas principales, las que emiten microondas (1 antena de provisión de servicios de Internet, y 3 antenas de telefonía celular, o las que se agreguen en el futuro), y las antenas que emiten en la banda de radiofrecuencias (las 5 radios de radiodifusión FM, o las que se agreguen) están obligadas a cumplimentar las Resolución 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, y las Resoluciones 269/2002 y 117/2003 de la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC).

La Autoridad de Aplicación en todo lo relativo a cumplimiento de las resoluciones antes mencionadas es la CNC, quien fija además la potencia permitida de operación para cada fuente. No está claro sin embargo el criterio de control para la antena de provisión de servicios de Internet, aunque podría ser asimilado a radiemisora (?).

Es importante aclarar que conforme a la Resolución 269/2002 de la Comisión Nacional de Comunicaciones, sobre "Evaluación previa a la instalación de antenas emisoras, de conformidad con los parámetros de la resolución n° 202/95" toda estación radioeléctrica, previo a su habilitación definitiva y comienzo de operaciones, debe presentar a la gerencia de Control de la Comisión Nacional de Comunicaciones "las mediciones realizadas a su estación, verificando lo estipulado por la Resolución SC n° 530/2000" (Artículo 1°). Para el caso particular de las estaciones de radio **"deberán medirse en todos los casos"**.

Además de cumplimentar las disposiciones de la CNC, todas las antenas deben contar, previamente, con la autorización de localización Municipal.

Finalmente, las antenas de telefonía celular tienen que cumplimentar, además de todas las normas anteriores, la ley provincial 9055/2003. La autoridad de aplicación de esta ley es la Agencia Córdoba Ambiente.

Es importante recordar que conforme al Artículo 21 del Decreto n° 764/2000 "Reglamento sobre administración, gestión y control del espectro radioeléctrico" su Artículo 21 expresa "Clandestinidad. Conforme lo establecido en el Artículo 36 de la Ley [Nacional] n° 19798 las estaciones radioeléctricas, medios y sistemas de radiocomunicación que funcionen sin la autorización formal correspondiente se consideran clandestinas y deberán ser desmanteladas, en caso contrario, quedarán sujetas a secuestro y comiso".

Se debe tener en cuenta que, dado el cóctel de frecuencias y de densidades de potencia derivados de las microondas y radiofrecuencias (todos de alta frecuencia), y la existencia de campos magnéticos y eléctricos correspondientes a fuentes lineales, de baja frecuencia, es importante efectuar las respectivas mediciones. Cabe acotar que los métodos de medición de microondas y radiofrecuencias (densidad de potencia) difieren de los empleados para medir campos eléctricos y magnéticos.

Sin perjuicio de lo establecido por la Resolución 269/2002, es obligación del Municipio y de la Provincia velar por la salud de sus administrados. De allí que deban estudiar y verificar que el cóctel de contaminantes derivado de la concentración de gran cantidad de antenas emisoras, que emiten en las bandas de microondas y radiofrecuencias, no signifiquen, sumadas y para cualquier momento del día, violación a normativa vigente, o riesgo para la salud de las personas. También en este caso deberá medirse la densidad de potencia que generan en conjunto todas las emisiones, ello en la vivienda y también en otros espacios. Es necesario disponer de un mapa de densidades de potencia para las ciudades donde operan fuentes de radiación no ionizante.

### **3. EFECTOS DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE.**

Si los resultados de las mediciones en la vivienda tomada como punto de referencia muestra valores iguales o mayores a  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , deberían esperarse efectos sobre las células, los tejidos, los órganos, los sistemas de órganos y los organismos de personas expuestas.

Esto es particularmente válido para personas que permanezcan mucho tiempo dentro de la zona de barrido de las microondas y radiofrecuencias. El riesgo aumenta para los cigotos, embriones y fetos, para los recién nacidos y los niños, para los enfermos, y para las personas con electrosensibilidad (ver arriba).

Los efectos negativos de la radiación podrían ser mucho mayores en las personas que viven en edificios altos situados a distancias críticas de las antenas de telefonía celular y microondas, pues estarían recibiendo las porciones de los sublóbulo de microondas con mayor densidad de potencia. Aunque esta situación es poco probable en Oncativo, debe ser cuidadosamente analizada ante la futura construcción de edificios altos. Es usual que en las mediciones de una estación base o estación de radio en particular sea difícil evaluar la exposición de aquellas personas que viven en edificios ubicados a distancias críticas. En estos edificios sus ocupantes estarían más expuestos en función del piso que ocupan (pisos medios? pisos más altos?) y la orientación del departamento. La posible coincidencia de sus biomásas y tamaños con un determinado valor de la longitud de onda también aumenta el riesgo (microondas). Cuando coinciden, la descarga de energía es máxima. Esto ocurriría con embriones, fetos, bebés y niños pequeños irradiados.

Debe considerarse asimismo la acción simultánea de radiofrecuencias, microondas y campos magnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF). Este *cocktail* de energías aumenta el riesgo de que se produzcan efectos negativos.

Los sitios más afectados serían aquellos donde las personas, por vivir cerca de líneas de media tensión (13,2 kV), o de media tensión asociadas con líneas de baja tensión (13,2 kV y 220 V), pudieran estar sometidas en el interior de sus viviendas, en forma crónica, a campos magnéticos iguales o mayores a 0,3  $\mu$ T. Aunque la radiación de baja y alta frecuencia difiere en los efectos, varios son similares (por ejemplo alteración en los flujos celulares de iones, alteración en la concentración de la hormona melatonina etc.).

La vivienda de referencia no estaría sometida solamente a la radiación no ionizante. También otras actividades de la ciudad de Oncativo podrían estar descargando contaminantes químicos al aire. Este es el caso de dos secaderos de cereal localizados sobre avenida San Martín, uno a 250 metros lineales de distancia de la vivienda, y otro a 450 metros lineales. En ambos casos es previsible que la mayor parte de los granos tratados correspondan a soja RR. Sus respectivas "plumas" de emisión podrían afectar la vivienda en función de: **a)** Su composición química, cantidad descargada por contaminante y horarios de descarga, y **b)** Dirección y velocidad del viento, o en caso de calmas, en otoño e invierno, altura y persistencia de las inversiones térmicas de superficie. El secado de soja puede emitir partículas que contengan residuos de glifosato y su derivado químico AMPA, y de endosulfán y su derivado químico sulfato de endosulfán, u otras sustancias. Las cuatro primeras sustancias tienen actividad estrogénica y son consideradas por lo tanto disruptores endocrinos. Existe además un depósito de agroquímicos a 200 metros lineales de la vivienda.

Otra fuente importante de contaminación deriva del uso indiscriminado de plaguicidas en cultivos de soja RR. Sus variables "plumas" de contaminación pueden llegar a la vivienda, aunque los sectores más afectados de Oncativo son indudablemente los bordes de la ciudad, pues allí coexisten viviendas y campos cultivados.

La vivienda es alcanzada por: **a)** Contaminantes energéticos de alta frecuencia (microondas, radiofrecuencias). **b)** Por contaminantes de baja frecuencia (campos magnéticos de líneas de 13,2 kV, a determinar) y **c)** Por contaminantes materiales de distinta naturaleza (ver arriba). El conjunto arma un variable y complejo cóctel de contaminantes que llega hasta sus ocupantes (receptores pasivos).

#### **4. ORDENAMIENTO URBANO.**

El análisis de los usos del suelo en la ciudad de Oncativo muestra que el Municipio no ha tenido un esquema de ordenamiento. Además de hallarse una alta concentración de antenas, coexisten en peligrosa proximidad secaderos de cereal, depósitos de plaguicidas y viviendas. Muchos ciudadanos son afectados además por las fumigaciones terrestres que se efectúan en campos con soja RR. Los municipios deben prohibir la fumigación con avión o mosquito a menos de 2.500 metros del borde más externo de viviendas.

Si se registraran en la ciudad o en sectores urbanos altos valores de morbi-mortalidad, ello por encima de los valores asumidos como normales, tendrán que investigarse, además de las fuentes y su posible responsabilidad, el rol del Municipio en la habilitación de actividades de riesgo.

## 5. RESPONSABILIDAD CIVIL.

La información contenida en este trabajo y en la bibliografía que le sirvió de apoyo, más la bibliografía no citada y que llega a conclusiones similares, demuestran que los actuales estándares permitidos de densidad de potencia para radiofrecuencias y microondas no protegen la salud de las personas ni el ambiente.

Ha quedado establecido que las normas ICNIRP/WHO/EU se basaron fundamentalmente en efectos térmicos de dosis altas y exposiciones de corto plazo, y que ignoraron los efectos no térmicos, la exposición crónica y los efectos acumulativos. Los estándares actualmente vigentes en Argentina derivan de dichas normas, y tienen por lo tanto su misma incapacidad y sesgo.

Contrariamente a lo propuesto por la ICNIRP, varios países han aprobado normativas mucho más estrictas y biológicamente realistas. Suiza por ejemplo adoptó como límites de densidad de potencia  $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para 1800 MHz;  $7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para 900-1800 MHz, y  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para  $>1800$  MHz.

El carácter absolutamente precario de los estándares basados en ICNIRP/WHO/EU queda al descubierto cuando se comparan, por ejemplo, los valores vigentes en Argentina ( $950 \mu\text{W}/\text{cm}^2 = 0,95 \text{ mW}/\text{cm}^2$  para frecuencias de 1900 MHz;  $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2 = 0,45 \text{ mW}/\text{cm}^2$  para frecuencias de 800 MHz, Resolución 202/1995) con el NOAEL propuesto en este trabajo ( $0,0003 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Esto explica porqué la mayoría de las mediciones realizadas en Argentina están por debajo de  $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  y  $950 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Para el caso particular de las distintas antenas analizadas en Oncativo, es importante destacar tres hechos fundamentales. **(a)** Cualquier valor de densidad de potencia que supere los  $0,0003 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  implica riesgos para la salud humana y el ambiente. **(b)** Los lóbulos de emisión de las antenas pueden estar contaminando edificios y viviendas próximas a valores relativamente altos de densidad de potencia, y **(c)** Todos los propietarios de los predios donde se ubican las antenas, y los propietarios de las fuentes de emisión (antenas de telefonía celular, radios FM) son responsables solidarios por los efectos que pudieran provocar sobre la salud y el ambiente.

## H. CONCLUSIONES.

En base a todo lo analizado en este trabajo se considera:

**(a)** Que no se ha demostrado la inocuidad de la radiación de microondas y radiofrecuencias.

**(b)** Que la abundante bibliografía disponible menciona efectos térmicos y no térmicos sobre las células, los tejidos, los órganos, los sistemas de órganos, el organismo e incluso la conducta, incluso a valores mucho más bajos que los tolerados por la legislación Argentina. El LOAEL (nivel más bajo en el cual se observan efectos adversos) es según Cherry de  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para disrupción del sueño, problemas de aprendizaje y supresión del sistema inmune, cifra que contrasta con las densidades de potencia autorizadas por norma ( $950 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para 1900 MHz y  $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para 800 MHz).

**(c)** Que los valores legalmente permitidos de densidad de potencia para frecuencias de 800 y 1900 MHz derivan de estándares parciales y acotados obtenidos en base a efectos térmicos y exposiciones cortas, lo que los torna incapaces de proteger a las

personas de los efectos de las bajas dosis, los efectos no térmicos y la exposición crónica.

**(d)** Que las personas que viven en cercanías de antenas y en toda zona que intercepte las porciones de sus lóbulos con mayor densidad de potencia podrían tener aumentados los riesgos de efectos sobre su organismo y salud en tanto la densidad de potencia que reciban sea igual o superior al LOAEL establecido por Cherry, que es de  $0,0004 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para disrupción del sueño, problemas de aprendizaje y supresión del sistema inmune.

**(e)** Que esta presión radiante puede estar agregándose a presiones ambientales preexistentes, como campos magnéticos de frecuencias extremadamente bajas (50-60 Hz) y contaminantes químicos.

**(f)** Que el riesgo es aún mayor para aquellas personas que vivan dentro de las zonas radiadas por la antena y al mismo tiempo utilicen teléfonos celulares, ya que sus efectos se suman.

**(g)** Que la sola presencia de antenas próximas (independientemente de su modelo de operación) provoca efectos psicológicos negativos de distinta magnitud en las personas que perciben su existencia. Este cuadro se agrava cuando estas personas conocen los riesgos de las microondas y radiofrecuencias. Por otra parte, la depreciación del predio vecino a una o más antenas agrega preocupaciones adicionales.

**(h)** Que se desconoce si previo a la instalación de todas estas antenas se realizaron todos los estudios necesarios, y si se cumplieron o no las disposiciones vigentes.

**(i)** Que la presencia de antenas próximas (de provisión de servicios de Internet, de telefonía celular, de radios FM) deprecian el valor de la vivienda afectada, disminuyendo incluso sus posibilidades de venta.

Dado que el funcionamiento de la mayoría de las antenas operan en forma continua, y que la bibliografía disponible señala posibles efectos negativos, incluso a dosis muy bajas de densidad de potencia y de absorción específica, la salud de las personas que viven cerca de estas fuentes, e incluso a distancias críticas, no puede ser resguardada ni protegida mientras estén en operación.

Las personas potencialmente afectadas por las antenas presentes en un sitio determinado (microondas, radiofrecuencias) deben emitir Carta Documento a los responsables de su operación y a los respectivos propietarios de los predios donde estén instaladas, con copia al Municipio (y en el caso de antenas de telefonía celular con copia a los organismos provinciales de ambiente y la CNC), exigiendo: **(a)** Comprobante de cumplimiento de toda la normativa vigente para cada caso, incluidos los resultados de mediciones efectuados por organismos independientes (Universidades por ejemplo). Esto implica autorizaciones emitidas por CNC, organismos provinciales (si corresponde), y organismos municipales. **(b)** Indicar los motivos de la presentación (el riesgo que representa para su salud y la de personas que viven en otros edificios posiblemente expuestos a la antena en cuestión), y basar el pedido en: **(b.1)** El "Principio de Precaución", reconocido por la legislación nacional (Artículo 4 de la ley 25675). **(b.2)** Las leyes y códigos de fondo. **(b.3)** Otra legislación aplicable, y **(b.4)** El presente informe técnico, que demuestra los efectos de las radiofrecuencias y las microondas sobre la salud, los organismos vivos y el ambiente. **(c)** Posición oficial sobre el cóctel de contaminantes que resulta de múltiples antenas en operación, secaderos de granos y depósitos de agroquímicos.

Por vía separada deben solicitar, también por Carta Documento, pero dirigida al responsable de la distribución de la energía eléctrica, que se midan con validez estadística los campos magnéticos presentes en la vivienda (para horas y días críticos). .

**BIBLIOGRAFIA.**

Adey, W.R. 1990. En: "Membrane transport and information storage". Wiley-Liss, New York, vol 4, pp. 1-27.

Adey, W.R. 1999. Cell and molecular biology associated with radiation fields of mobile telephones. Bioelectromagnetics research, University of California Riverside, 48 p.

Adey W.R. y otros. 1997. Brain tumor incidence in rats chronically exposed to frequency-modulated (FM) cellular phone fields. Second World Congress, Bologna, Italy, June 1997.

Albert, E.N. 1977. Light and electron microscopic observations on the blood-brain barrier after microwave irradiation. En: "Symposium on Biological Effects and Measurements of Radiofrequency Microwaves", Washington, DC: DHEW (HEW Publications), FDA77-8026, pp. 294-304.

Ahlbom, A. y otros. 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. British Journal of Cancer, vol. 83, pp. 692-698.

Alis, J.W. y B.L. Sinha-Robinson. 1987. Temperature specific inhibition of human red cells  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase by 2450 MHz microwave radiation. Bioelectromagnetics, 8, pp. 203-212.

Altpeter, E. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 11

Armstrong, B. y otros. 1994. Association between exposure to pulsed electromagnetic fields and cancer in electric utility workers in Quebec, Canada and France. Am J Epidemiol 140, 9, pp. 805-20.

Ashley, S. 2003. X-rays proofing. To save himself, a physician enters the rag trade. Scientific American, May 2003, vol. 288, n° 5, pp. 24-25.

Audiencia de Frankfurt. 2000. Traducción del texto de la Audiencia. Procedimiento fechado el 27 de septiembre de 2000. Traducción oficial al español de M. T. Huidobro. Ed. GEA, Barcelona, 13 p.

Balcer-Kubiczek, E.K. y G.H. Harrison. 1991. Neoplastic transformation of cells following exposure to 120-Hz modulated 2.45-GHz microwaves and phorbol ester tumor promoter. Radiat. Res. 126, pp. 65-72.

Baranski, S. 1972. Histological and histochemical effects of microwave irradiation on the central nervous system of rabbits and guinea pigs. Am. J. Physiol. Med., 51, pp. 182-190.

Bawin, S.M., L.K. Kaczmarek y W.R. Adey. 1975. Effects of modulated YH Fields on the central nervous system. Ann. NY Acad. Sci., vol 24, pp. 74-80.

Bawin, S.M., L.K. Kaczmarek y W.R. Adey. 1975. Effects of modulated VHF fields on the central nervous system. ANN NY Acad Sci 247:74-81.

Belyaev, I. y otros. 2002. Effects of ELF and microwaves on human lymphocytes from hypersensitive persons. Citado por Klaus Rudolph (Citizen's Initiative Omega).

Berman, E.; H.B. Carter y D. House. 1980. Tests for mutagenesis and reproduction in male rats exposed to 2450 MHz (CW) microwaves. *Bioelectromagnetics*, 1, pp. 65-76.

Blackman, C. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 10.

Blackman, C.F. 1984. Genetics and mutagenesis. En: "Biological Effects of Radiofrequency Radiation", edited by Elder JA, Cahill DF. US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, EPA-600/8-83-026F, pp 5-94..

Bortkiewicz A., M. Zmyslony, E. Gadzicka; C. Palczynski y S. Szmigielski. 1997. Ambulatory ECG monitoring in workers exposed to electromagnetic fields. *J. of Medical Engineering and Technology*, 21, 2, pp. 41-46.

BUWAL. 1999. Ordonnance sur la protection contre le rayonnement no ionisant (ORNI). Rapport explicatif. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (BUWAL), Bern.

Cacabelos, R. 2003. Función cerebrovascular en la enfermedad de Alzheimer. Centro de Investigación Biomédica Euroespés, Instituto para Enfermedades del Sistema Nervioso Central, La Coruña, 9 p.

Cairnie, A.B. y R.K. Harding. 1981. Cytological studies in mouse testis irradiated with 2,45 GHz continuous wave microwave. *Radiat. Res.*, 87, pp. 100-108.

CAL-EPA (1997) Technical support document for the determination of no-cancer chronic reference exposure levels. California Environmental Protection Agency Office of Environmental Health Hazard Assessment, Berkeley.

Carpenter, R.L. y otros 1960. Opacities in the lens of the eye experimentally induced by exposure to microwave radiation. *IEE Trans. Med. Electron.*, 1960, pp. 401-408.

CEPIS. 2000. Capítulo 2, Inspección en sitios peligrosos. En: "Curso de autoinstrucción en metodología de investigación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados". Ed. CEPIS, 16 p. Ver: [www.cepis.ops-oms.org/tutorial3/e/](http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial3/e/).

Chagnaud, J-L. y otros. 1995. Effects of pulsed microwaves on chemically induced tumores in rats. BEMS Annual Meeting, Boston, MA (June).

Cherry, N. 1999. ICNIRP Guideline Critique. Documento presentado para el encuentro sobre "Standards for radiofrequency Radiation", Australia, 11 p.

Cherry, N. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 11.

Cherry, N. 2001. Citado por R. Macfarlane. En: "Health concerns of radiofrequency fields near base telephone transmission towers". City of Toronto, Community and Neighbourhood Service, Toronto Public Health, Health Promotion and Environmental Protection Office, Toronto.

- Cherry, N. 2001b. Cell phone radiation pose a serious biological and health risk. Environmental Management and Design Division, Lincoln University, Canterbury, New Zealand, 23 p.
- Chiang, H. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 11.
- Cleary, R. 2003. En: "Mobile phones blamed for sparrow deaths", por M. Townsend. The Observer, London, January 12, 2003..
- Cleary, S.F. 1990. Biological effects of radiofrequency electromagnetic fields. En: "Biological Effects and Medical Applications of Electromagnetic Energy" (O.P. Gandhi ed.), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp 236-255.
- Cleveland, R.F. Jr. y J.L. Ulcek. 1999. Questions and answers about biological effects and potential hazards of radiofrequency electromagnetic fields. US Federal Communications Commission Office of Engineering and Technology, Washington, D.C., OET Bulletin 56.
- Cohen, B.H.; A.M. Lilienfield; S. Kramer y L.C. Hyman, L.C. 1997. Parental factors in Down's syndrome-results of the second Baltimore case-control study. En: "Population Cytogenetics" (Ed.: E.B. Hook e I.H. Porter), New York: Academic Press, pp. 301-352.
- Curry, B. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 10.
- Das, U.N. 1995. Melatonin in the pathobiology and treatment of cancer. The Cancer Journal, 8, pp. 103-109.
- D'Andrea, J.A. y otros. 1986a. Intermittent exposure of rat to 2450 MHz microwaves at 2,5 mW/cm<sup>2</sup>: behavioral and physiological effects. Bioelectromagnetics, 7, pp. 315-328.
- D'Andrea, J.A. y otros. 1986b. Behavioral and physiological effects of chronic 2450 MHz microwave irradiation of the rat at 0,5 mW/cm<sup>2</sup>. Bioelectromagnetics, 7, pp. 45-46.
- D'Andrea, J.A. 1991. Microwave radiation absorption: comporment effects. Health Phys., 61, pp. 29-40.
- De Lorge, J.O. 1984. Operant behavioral and colonic temperature of *Macaca mulatta* exposed to radiofrequency fields at and above resonant frequencies. Bioelectromagnetics, 5, pp. 233-246.
- De Lorge, J. y C.S. Ezell. 1980. Observing-responses of rats exposed to 1,28 and 5,62 GHz microwaves. Bioelectromagnetics, 1, pp. 183-198.
- Demers, P.A. y otros. 1991. American Journal of Epidemiology, 134, pp. 340-370.
- De Pomerai y otros. 2000. Non-thermal heath-shock response to microwaves. Nature, 405, pp. 417-418.
- Dolk, H. y otros. 1997. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I. Sutton Coldfield Transmitter. Am. J. Epidemiol., 145, 1, pp. 1-9.

Dolk, H. y otros. 1997. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. II. All high power transmitters. *Am. J. Epidemiol.*, 145, 1, pp. 10-17.

Dumansky, J.D. y M.G. Shandala. 1974. The biologic action and hygienic significance of electromagnetic fields on super high and ultra high frequencies in densely populated areas. En: "Biologic effects and health hazard of microwave radiation: Proceedings of an International Symposium" (P. Czerski ed.), Polish Medical Publishers, Warsaw.:

Dutta, S.K.; B. Ghosh y C.F. Blackman. 1989. Radiofrequency radiation-induced calcium ion flux enhancement from human and other neuroblastoma cells in culture. *Bioelectromagnetics*, vol. 10, n° 2, pp. 197-202.

Dutta, S.K.; A. Subramanian; B. Ghosh y R. Parshad. 1984. Microwave radiation-induced calcium efflux from brain tissue in vitro. *Bioelectromagnetics*, 5, pp. 71-78.

Elder, J.A. 1987. Radiofrequency radiation activities and issues: a 1986 perspective. *Health Phys.*, 53, pp. 607-611.

ELI. 1998. Similarities and differences in chemical and radiation risk management. Proceedings of a workshop held the 8-9 June, 1998, Annapolis, Maryland. Environmental Law Institute, Washington D.C. and John Hopkins University Risk Sciences and Public Policy Institute, Baltimore.

Elwood, M.J. 1999. A critical review of epidemiologic studies of radiofrequency exposure and human cancers. *Environ Health Perspect.*, 107, Suppl. 1, pp. 155-68.

EPA. 1993. Reference dose (RfD): description and use in health risk assessments. US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

EPA. 2003. Ionizing and Non-Ionizing Eadiation. En: "Understanding radiation". EPA, 4 pages. Ver: [www.epa.gov/radiation](http://www.epa.gov/radiation).

Fesenko, E.E. y otros. 1999. Microwaves and cellular inmunity. I. Effect of whole body microwave radiation on tumor necrosis factor production in mouse cells. *Bioelectrochem. Bioenerg.*, vol. 49, n° 1, pp. 29-35.

Firstenberg, A. 1996. Microwaving our planet. The environmental impact of the wireless revolution. Cellular Phone Taskforce (ed.), Brooklyn.

Frei, M.R.; R.E. Berger; S.J. Dusch; V. Guel; J.R. Jauchem; J.H. Merritt y M.A. Stedham. 1998. Chronic exposure of cancer-prone mice to low-level 2450 MHz radiofrequency. *Bioelectromagnetics*, 19, pp. 20-31.

Gadja G.; A. Thansandote y D. Lecuyer. 1998. Report on a survey of radiofrequency emissions at five Vancouver area schools. Ottawa, Health Protection Branch of Health Canada.

Gadja G; D. Lecuyer y D. Wilkinson. 1998. Report on an electromagnetic field survey at three residences on Blessington Road, RR1, Corbyville, Ontario. Ottawa, Health Protection Branch of Health Canada.

Gadja G; A. Thansandote y D. Lecuyer. 1997. Report on cellular tower surveys. Ottawa, Health Protection Branch of Health Canada.

- Gambino, J.J. y R.G. Lindberg. 1964. Response of the pocket mouse to ionizing radiation. *Rad. Res.*, 22, pp. 586-597.
- Gates, D. 1965. Radiant energy, its receipt and disposal. *Met. Monog.*, 6, pp. 1-26.
- Gangi, S. y O. Johansson. 2000. A theoretical model based upon mast cells and histamine to explain the recently proclaimed sensitivity to electric and magnetic fields in humans. *Med. Hypotheses*, 54, pp. 663-671.
- Giuliani, L. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 11.
- Goli, V.D. y otros. 1991. Transesophageal echocardiographic evaluation for mural thrombus following radiofrequency catheter ablation of accessory pathways. *Pacing and Clinical Electrophysics*, 14, November, Part II, pp. 1992-1997.
- Golley, F.B. y J.B. Gentry. 1969. Response of rodents to acute gamma radiation under field conditions. En: "Second National Symposium of radioecology" (Nelson y Evans ed.), Clearinghouse, Fed. Tech. Info., Springfield, Virginia, pp. 166-172.
- Golley, F.B. y otros. 1965. Response of wild rodents to acute gamma radiation. *Rad. Res.*, 24, pp. 350-356.
- Goodman, R. y A. Henderson. 1991. Bioelectrochem. Bioenerget., 25, pp. 335-355.
- Greenland, S. y otros. 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wirecodes and childhood leukemia. *Epidemiology*, vol. 11, nº 6, pp. 624-634.
- Greiner, W. y A. Sandulescu. 1990. Nuevas radiactividades. *Scientific American*, Barcelona, nº 164, pp. 29-31. Ver también Price, B. 1989. Complex radioactivity. *Nuclear Physics*, nº 502, pp. 41c-58c.
- Grigoriev, L. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 9.
- Guberan, E. y otros. 1994. Gender ratio of offspring and exposure to shortwave radiation among female physiotherapists. *Scand J. of Work, Environment, and Health*. 20, 5, pp. 345-348. .
- Guzmán, S. 1995. La telefonía móvil. En: "Actas del V Congreso Nacional del Medio Ambiente. Grupo de Trabajo 13, Campos electromagnéticos". Buenos Aires, pp. 9-12.
- Hamnerius, Y. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Sazlburg, p. 10.
- Health Canada. 1998. A survey of radiofrequency emissions at five Vancouver-area schools. Consumer and Clinical Radiation Hazards Division. <http://www.hc-sc.gc.ca/ehd/rpb/consumer/survey.htm>.

- Health Canada. 1999. Limits of human exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range of 3 kHz to 300 GHz (Safety Code 6). Minister of Public Works and Government Services, Ottawa, 99-EHD-237.
- Henshaw, D. 2003. En: "Mobile phones blamed for sparrow deaths", por M. Townsend. The Observer, London, January 12, 2003..
- Hitchcock, R.T. y R.M. Patterson. 1995. Radio-frequency and ELF electromagnetic energies: a handbook for health professionals. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hocking, B.; I.R. Gordon; H.L. Grain y G.H. Hatfield. 1996. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. Med. J. Australia, 165, pp. 601-605.
- Huidobro Caballero, M.T. 2001. Alegaciones al proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el reglamento de Desarrollo de la Ley 11/1998 de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo a las servidumbres, a los límites de exposición y otras restricciones a las emisiones radioeléctricas. Alegación presentada ante la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones para la Sociedad de la Información, Madrid, 22 p.
- Huidobro, C. 2001. Primera sentencia prohibiendo una estación de telefonía móvil en Alemania por razones de salud. The Ecotimes, 18 de marzo de 2001, 2 p.
- ICCTS. 2000. Proceedings of the International Conference on Cell Tower Sitting. Linking Science and Public Health, Austria, June 7-8, 2000 (summary). Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, 17 p.
- Imagineering Ltd. 1999. Report on Safety Code 6 compliance survey at Leslie/Talwood water tower. Prepared for Clearnet PCS, Toronto.
- Industry Canada. 1995. Environmental process, radiofrequency fields and land-use consultation – spectrum management client procedures circular. Industry Canada, Ottawa, CPC-2-0-03.
- Irvine, H. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 12.
- Jackson, J.D. 1992. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA), 89, pp. 3308-3310.
- Jensh, R.P.; W.H. Vogel y R.L. Brent. 1982. Postnatal functional analysis of prenatal exposure of rats to 915 MHz microwave radiation. J. Am. Coll. Toxicol., 1, pp. 73-90.
- Jensh, R.P.; I. Weinberg y R.L. Brent. 1983. An evaluation of the teratogenic potential of protracted exposure of pregnant rats to 2450 MHz microwave radiation. II. Morphologic analysis at term. J. Toxicol. Env. Health, 11, pp. 23-35.
- Johansson, O. y P.Y. Liu. 1995. Electrosensitivity, electrosupersensitivity and "screen dermatitis": preliminary observations from on-going studies in the human skin. En: "Proceedings of the Cost 244: Biomedical effects of electromagnetic fields. Workshop on Electromagnetic Hipersensitivity" (D. Simunic, ed.), EU/EC (DG XIII), Brussels/Graz, pp. 52-57.

- Johnson, R.B. y otros. 1983. Effects of long-term low-level radiofrequency radiation exposure on rats, vol. 4, Open Field behavior and corticosterone. USAF SAM-TR83-42, Report of USAF School of Aerospace Medicine, Brooks AFB, San Antonio, Texas.
- Juutilainen J. y otros. 1998. Effects of radiofrequency radiation on the development of cancer in mice. Bioelectromagnetics 20 th annual meeting, St Pete, June 1998.
- Kallen, B.; G. Malmquist y U. Moritz. 1982. Delivery outcome among physiotherapists in Sweden: Is no-ionizing radiation a fetal hazard?. Arch. Environ. Health, 37, 2, p. 81.
- Kane, R.C. 2003. Comunicación personal. Robert Kane es autor del libro "Cellular telephone russian roulette" (Vantage Press).
- Kangarlu, A. y P.-M. Robitaille. 2000. Biological effects and health implications in Magnetic Resonance Imaging. Magnetic Resonance, vol. 12, n° 5, pp. 321-359.
- Kirschvink, J.L. 1996. Microwave absorption by magnetite: a possible mechanism for coupling nonthermal effects of radiation to biological systems. Bioelectromagnetics, 17, pp. 187-194.
- Kirschvink, J.L. y H.A. Lowenstam. 1979. Mineralization and magnetization of chiton teeth: paleomagnetic, sedimentologic and biological implications of organic magnetite. Earth Planetary Sci. Lett., 44, pp. 193-204.
- Kolodynski, A.A. y V.V. Kolodynska. 1996. Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radiation Location Station in Latvia. The Science of the Total Environment, 180, pp. 87-93.
- Kues, H.A. y otros. 1985. Effects of 2.45 GHz microwaves on primate corneal endothelium. Bioelectromagnetics, 6, pp. 177-188.
- Kundi, M. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 9.
- Lai, H. 1996. Spatial learning deficit in the rat after exposure to a 60Hz magnetic field. Bioelectromagnetics, 17, pp. 494-496.
- Lai, H. 2000. Biological effects of radiofrequency radiation from wireless transmission towers. En: "Cell tower Forum: state of the Science/State of the Law", Berkshire-Litchfield Environmental Council, Lakeville, 14 p.
- Lai, H.; A. Horita; C.K. Chou y A.W. Guy. 1987. Effects of low-level microwave irradiation on hippocampal and frontal cortical choline uptake are classically conditionable. Pharmac. Biochem. Behav., 27, pp. 635-639.
- Lai, H.; M.A. Carino y A.W. Guy. 1989. Low-level microwave irradiation and central cholinergic systems. Pharmac. Biochem. Behav., 33, pp. 131-138.;
- Lai, H.; M.A. Carino; A. Horita y A.W. Guy. 1992. Single vs repeated microwave exposure: effects on benzodiazepine receptors in the brain of the rat. Bioelectromagnetics, 13, pp. 57-66.
- Lai, H.; A. Horita y A.W. Guy. 1994. Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the rat. Bioelectromagnetics, 15, pp. 95-104.

- Lai, H.; M.A. Carino, M.A.; A. Horita y A.W. Guy. 1992. Opioid receptor subtypes that mediate a microwaves-induced decrease in central cholinergic activity in the rat. *Bioelectromagnetics*, 13, pp. 237-246.
- Lai, H. y N.P. Singh. 1995. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics*, 16, pp. 207-210.
- Lander, H.M. 1997. An essential role for free radicals and derived species in signal transduction. *FASEB J.*, 11, pp. 118-124.
- Lang, D.S. y R. Hendrickson. 1988. Carcinogenesis and non-ionizing radiation. *Int. Persp. in Public Health, Canada*, 4, pp. 24-25.
- Lary, J.M. y otros. 1982. Teratogenic effects of 27,12 MHz radiofrequency radiation in rats. *Teratology*, 26, pp. 299-309.
- Lary, J. y otros. 1983. Teratogenicity of 27,12 MHz radiation in rats is related to duration of hyperthermic exposure. *Bioelectromagnetics*, 4, pp. 249-255.
- Lary, J.M. y otros. 1986. Dose-response relationship between body temperature and birth defects in radiofrequency-irradiated rats. *Bioelectromagnetics*, 7, pp. 141-149.
- Lary, J. y D.L. Conover. 1987. Teratogenic effects of radiofrequency radiation. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, 1987, pp. 42-46.
- Larsen, A.I.; J. Olsen y O. Svane. 1991. Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. *Scand. J. Work. Environ. Health*, 17, pp. 324-329.
- Lebowitz, R.M.; L. Johnson y W.K. Samson. 1987. Effect of pulse-modulated microwave radiation and conventional heating on potential of microwaves. *J. Appl. Physiol.*, 64, pp. 245-252.
- Lebowitz, R.M. y L. Johnson. 1987. Acute, whole body microwave exposure and testicular function of rats. *Bioelectromagnetics*, 8, pp. 37-43.
- Macfarlane, R. 1999. Health concerns of radiofrequency fields near base telephone transmission towers. City of Toronto, Community and Neighbourhood Service, Toronto Public Health, Health Promotion and Environmental Protection Office, Toronto, 35 p.
- MacLauchlan. 1991. The spin correlated radical pair as a reaction intermediate. *Molec. Physics*, 73, pp. 241-263.
- MacLauchlan. 1992. Are environmental electromagnetic fields dangerous?. *Physics World*, January, pp. 41-45.
- Magras, I.N. y T.D. Xenos. 1997. RF, radiation induced changes in the prenatal development of mice. *Bioelectromagnetics*, vol. 18, n° 6, pp. 455-461.
- Mancini, M.T. 2002. Antenas de telefonía móvil. El trabajo de la Defensoría del Pueblo Adjunta de la ciudad de Buenos Aires. Defensoría del Pueblo Adjunta de la ciudad de Buenos Aires, Buenos Aires, 7 p.

- Mann, K. y otros. 1998. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. *Neuroendocrinology*, 67, pp. 139-144.
- Matanovski, G. y otros. 1991. *Lancet*, 337, pp. 737.
- Mashevich, M. y otros. 2003. Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability. *Nioelectromagnetics*, vol. 24, n° 2, pp. 82-90.
- McKenzie, D.R.; Y. Yin y S. Morell. 1998. Childhood incidence of acute lymphoblastic leukaemia and exposure to broadcast radiation in Sydney. A second look. *Aust. N. Z. J. Public Health*, 22, 3 Suppl., pp. 360-367.
- MDEP. 1990. The chemical health effects assessment methodology and the method to derive allowable ambient air limits. Commonwealth of Massachusetts Department of Environmental Protection, Boston.
- Michaelson, S.M. y J.C. Lin. 1987. *Biological Effects and Health Implications of Radiofrequency Radiation*. Plenum Press, New York.
- Montenegro, R.A. 1997. Modelo conceptual de la oncogenia. Ed. FUNAM, Córdoba, 54 p.
- Montenegro, R.A. 1999a. Estudio sobre el impacto ambiental del Complejo Fabril Córdoba que operan Dioxitek y la Comisión Nacional de Energía Atómica. Ed. FUNAM, Córdoba, 99 p.
- Montenegro, R.A. 1999b. Introducción a la ecología urbana. Ed. Universidad Nacional del Comahue, Neuquen, 182 p. .
- Montenegro, R.A. 2001. Modelo no formal de conducta humana. En: "Biología evolutiva" (Ed. Raúl Montenegro y otros), Ed. Brujas, Córdoba, pp. 13-25.
- Montenegro, R.A. 2002. Informe sobre el impacto ambiental de estaciones transformadoras y líneas de conducción eléctrica en Asunción (Paraguay). Ed. FUNAM, Asunción, 52 p. Este trabajo contiene una revisión sobre los efectos en la salud y el ambiente de las frecuencias extremadamente bajas (ELF).
- Montenegro, R.A, y R. Chuit. 2003. Protocolo para evaluar los efectos sobre la salud de contaminantes químicos, microbiológicos y radiantes (radiación ionizante y no ionizante). Escuela de Salud Pública, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba, 190 p.
- Mosgöller, W. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 10
- Moulder, J.E. 2000. Cellular phone antennas and human health. Medical College of Wisconsin, Wisconsin, 51 p. Ver: [www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ](http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ).
- Nzine. 1997. The electromagnetic radiation health threat. Nzine, Página Web: <http://www.nzine.co.nz/features/>

Oberfeld, G. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 12.

O'Conner, M.E. 1980. Mammalian teratogenesis and radio-frequencies fields. Proc. IEEE, 68, pp. 56-60.

Odum, E. 1972. Ecología. Ed. Interamericana, México, 639 p.

Oscar, K.J. y T.D. Hawkins. 1977. Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. Brain Res., 126, pp. 281-293.

OSU. 1996. Are electromagnetic fields hazardous to your health?. Ohio State University Fact Sheet, CDFS-185-96, Columbus, Ohio, 7 p.

Ouellet-Hellstrom, R. y W.F. Stewart. 1993. Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. Am. J. Epidemiol., 138, 10, pp. 775-786.

Parkinson, D. 2002. Missing information on cell tower application. Comunicación personal, 1 p.

Persson, B.R.R.; L.G. Salford y A. Brun. 1997. Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication. Wireless Network, 3, pp. 455-461.

Phillips, J.L. y otros. 1998. DNA damage in Molt-4 T-lymphoblastoid cells exposed to cellular telephone radiofrequency fields in vitro. Bioelectrochem. Bioenerg., 45, pp. 103-110.

PNUMA. 1992. Salvemos el planeta. Problemas y esperanzas. Ed. PNUMA, Nairobi, 218 p.

Prato, F.S. y otros. 1994. Blood-brain barrier permeability in rats is altered by exposure to magnetic fields associated with magnetic resonance imaging at 1.5T. Microscopy Research and Technique, 27, pp. 528-534.

Prausnitz, S. y C. Susskind. 1962. Effects of chronic microwave irradiation on mice. IRE Trans. Biomed. Electron., 9, pp. 104-108.

Preskorn, S.H.; W.D. Edwards y D.R. Justensen, D.R. 1978. Retarded tumor growth and greater longevity in mice after foetal irradiation by 2450 MHz microwaves. Journal of Surgical Oncology, 10, pp. 483-492.

Reifsnyder, W.E. y H.W. Lull. 1965. Radiation energy in relation to forests. Tech. Bull, U.S. Department of Agriculture, n° 1344, 111 p.

Reiter, R.J. 1990. En: "Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: the question of cancer" (B.W. Wilson, R.G. Stevens y L.E. Anderson, ed.), Battelle Press, Columbus, pp. 87-107.

Repacholi, M.H.; A. Basten; V. Gebiski; D. Noonan; J. Finnie y A.W. Harris. 1997. Lymphomas in E $\mu$ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. Radiation Res., 147, pp. 631-640.

- Roberts N.J., Jr.; S.M. Michaelson y S.T. Lu. 1986. The biological effects of radiofrequency radiation: a critical review and recommendations. *Int. J. Radiat. Biol.*, 50, pp. 379-420.
- Robinette, C.D.; C. Silverman y S. Jablon. 1980. Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar). *Am. J. Epidemiol*, 112, 1, pp. 39-53.
- RSC. 1999. A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices. An Expert Panel Report prepared at the request of the Royal Society of Canada for Health Canada, The Royal Society of Canada, Ottawa.
- Sage, C. 2000. Individual presentation. En: Proceedings, "International Conference on Cell Tower Sitting", Federal State of Salzburg (Public Health Department) and University of Vienna (Institute of Environmental Health), Salzburg, p. 10.
- Salford, L.G.; A. Brun; B.R.R. Persson y J. Eberhardt. 1993. Experimental studies of brain tumor development during exposure to continuous and pulsed 915 MHz radiofrequency radiation. *Bioelectrochem. Bioenerget.*, 30, pp. 313-318.
- Salford, L.G.; A. Brun; J.L. Eberhardt; L. Malmgren y B.R.R. Persson. 1992. Electromagnetic field-induced permeability of the blood-brain barrier shown by immunohistochemical methods. En: "Resonance Phenomena in Biology" (B. Norden y C. Ramel ed.), Oxford University Press, pp. 87-91.
- Salford, L.G.; A. Brun; K. Sturesson; J.L. Eberhardt, J.L. y B.R.R. Persson. 1994. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, 200Hz. *Microscopy Research and Technique*, 27, pp. 535-542.
- Salford, L.G. y otros. 2003. Nerve damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Journal of the National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS)*. Ver: <http://dx.doi.org/>.
- Santini, R. y otros. 2002. Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations. I. Incidence according to distance and sex. *Pathol. Biol.*, vol. 50, n° 6, pp. 369-373.
- Santini, R.; M. Honsi; P. Deschaux y H. Pacheco. 1988. B16 melanoma development in black mice exposed to low-level microwave radiation. *Bioelectromagnetics*, 9, pp.105-107.
- Saunders, R.D. y C.I. Kovalczuk. 1981. Effects of 2.45 GHz microwave radiation and heat on mouse spermatogenic epithelium. *Int. J. Radiat. Biol.*, 40, pp. 623-632.
- Scherer, W.W. 1994. Condensed from "Biological effects of Radiofrequency and Microwave radiation. Application, hazards and safeguards". Ed. del Autor, 7 p.
- Selvin, S.; J. Schulman y D.W. Merrill. 1992. Distance and risk measures for the analysis of spatial data: a study of childhood cancers. *Soc. Sci. Med.*, 34, 7, pp. 769-777.
- Semm, P. y R.C. Beason. 2002. Response of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus. *Neurosci. Lett.*, vol. 333, n° 3, pp. 175-178.

- Sparrow, A.H. y H.J. Evans. 1961. Nuclear factors affecting radiosensitivity. 1. The influence of nuclear size and structure, chromosome complement and DNA content. En: "Fundamental aspects of radiosensitivity", Brookhaven Symposia in Biology, Brookhaven Nat. Laboratory, n° 14, pp. 76-100.
- Sparrow, A.H.; L.A. Schairer y R.C. Sparrow. 1963. Relationship between nuclear volumes, chromosome numbers, and relative radiosensitivities. *Science*, 141, pp. 163-166.
- Sparrow, A.H. y G.M. Woodwell. 1962. Prediction of the sensitivity of plants to chronic gamma radiation. *Rad. Bot.*, 2, pp. 9-26.
- Stark, K.D.C.; T. Krebs; E. Altpeter; B. Manz; C. Griot y T. Abelin. 1997. Absence of chronic effect of exposure to short-wave radio broadcast signal on salivary melatonin concentrations in dairy cattle. *J. Pineal Res.*, 22, pp. 171-176.
- Stevens, R.G. 1987. *American Journal of Epidemiology*, 125, pp. 556-561.
- Szmigielski S.; A. Szudzinski; A. Pietraszek; M. Bielec; M. Janiak y J.K. Wrembel. 1982. Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450 MHz microwave radiation. *Bioelectromagnetics*, 3, pp. 179-191.
- Szmigielski, S. 1996. Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation. Elsevier Science. *The Science of the Total Environment*, 180, pp. 9-17.
- Taborda, R. y otros. 2003. Radiofrecuencias y microondas. Límites vigentes en Argentina. Técnicas de medición. Procedimientos de medición. Requisitos de medición. LIADE, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba, 3 p.
- Takashima, S.; B. Onaral y H.P. Schwan. 1979. Effects of modulated RF energy on the EEG of mammalian brain. *Rad. Env. Biophys.*, 16, pp. 15-27.
- Tamarkin, L y otros. 1981. *Cancer Research*, 41, pp. 4432-4436.
- Taskinen, H.; P. Kyyronen y K. Hemminki. 1990. Effects of ultrasound, shortwaves, and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. *J. Epidemiol. Comm. Health.*, 44, pp. 196-201.
- Tenforde, T.S. 1991. *Bioelectrochem Bioenerget.*, 25, pp. 1-17.
- Tenforde, T.S. 1993. Health effects of low frequency and magnetic fields. *Environ. Sci. Technol.*, vol. 27, n° 1, pp. 56-58.
- Thansandote, A.; G. Gajda y D. Lecuyer. 1996. Cellular transmitter towers and hand-held telephones: are they dangerous?. Sixth International Conference on Advanced Science and Technology Exchange with Thailand, Bangkok, 17-19 July, 1996.
- Thansandote, A.; G. Gajda y D. Lecuyer. 1999. Radiofrequency radiation in five Vancouver schools: exposure standards not exceeded. *Canadian Med. Assoc. J. (CMAJ)*, 160, pp. 1311-1312.
- Thomas, J.R.; L.S. Burch y S.C. Yeandle. 1979. Microwave radiation and chlordiazepoxide: Synergistic effects on fixed-interval comportamiento. *Science*, 203, pp. 1357-1979.

Toler, J.C.; W.W. Shelton; M.R. Frei; J.H. Merritt y M.A. Stedham. 1997. Long-term low-level exposure of mice prone to mammary tumores to 435 MHz radiofrequency radiation. *Radiat. Res.*, 148, pp. 227-234.

Tynes, T. y A. Andersen. 1999. *Lancet*, 336, p. 1596

Tynes, T.; M. Hannevik; A. Andersen; A.I. Vistnes y T. Haldorsen. 1996. Incidence of breast cancer in Norwegian female radio and telegraph operators. *Cancer Causes Control*, 7, 2, pp. 197-204.

Ubeda Maeso, A. 2001. Bases biológicas para normativas de protección ante radiaciones ionizantes. Publ. Servicio BEM-Investigación, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, 14 p.

Velizarov, S. y otros. 1999. The effects of radiofrequency fields on cell proliferation are non-thermal. *Bioelectrochem. Bioenerg.*, vol. 48, n° 1, pp. 177-180.

Vermont Department of Public Service (1996) Radiofrequency radiation: health effects and interference status of current research and regulation. The Department, Montpelier, Technical Report n° 28.

Vollrath, L.; R. Spessert; T. Kratzsch; M. Keiner y H. Hollmann. 1997. No short-term effects of high-frequency electromagnetic fields on the mammalian pineal gland. *Bioelectromagnetics*, 18, pp. 376-387.

Welch, B. y otros. 1970. *Physiological effects of noise*. Plenum Press, New York.

WHO. 1981. *Environmental Health Criteria 16 for Radiofrequency and Microwaves*. WHO, Geneva, 40 p.

Wu, R.Y.; H. Chiang; B.J. Shao; N.G. Li e Y.D. Fu. 1994. Effects of 2.45 GHz microwave radiation and phorbol ester 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate or dimethylhydrazine-induced colon cancer in mice. *Bioelectromagnetics*, 15, pp. 531-538.

Zook, B. y otros. 1998. Radiofrequency irradiation of the brain of rats. BEMS 20 th. Annual Meeting, St-Petersburg, Fl. (June).