

# RADIACIONES DE RADIOFRECUENCIA Y SUS POSIBLES EFECTOS SOBRE LA SALUD

Ing. José Bravo

Presentación en la UTN, 31 de octubre de 2013

*“Las noticias sobre el clima van a ser peores que lo que pensamos, y van a venir antes de lo que pensamos. El clima es un sistema no lineal lleno de realimentaciones positivas incontrolables, umbrales ocultos y puntos de inflexión irrevocables. Vamos a seguir siendo sorprendidos, y casi todas las sorpresas van a ser malas”*

*Stewart Brand, biólogo*

## Temario

1. Cantidad de usuarios de comunicaciones móviles en el mundo
2. Potencia de radiación de RF de los teléfonos móviles
3. Espectro de ondas electromagnéticas y bandas de frecuencias de transmisión usadas para comunicaciones móviles
4. Potencia de radiación de RF de las estaciones base de redes móviles
5. Distancias a un móvil y a una estación base para igual densidad de potencia de radiación recibida
6. Nivel de densidad de potencia de RF en la naturaleza, y umbral de sensibilidad de los humanos.
7. Potencia recibida a distintas distancias de un teléfono móvil
8. Energía de radiación recibida
9. Energía recibida por cada exposición, y acumulada en el tiempo
10. Energía total recibida de todas las fuentes de RF
11. Absorción de energía de radiación en el cerebro
12. Normas regulatorias para limitar la exposición pública general a radiaciones de RF

## Temario

13. Normas regulatorias para limitar la exposición a radiaciones de RF de dispositivos móviles. Tasa de Absorción Específica (*SAR, Specific Absorption Rate*)
14. Definición de la SAR
15. Valores límite de la SAR fijados por las normas regulatorias
16. Ejemplos de especificación de la SAR
17. Medición de la SAR
18. Los problemas con la SAR y sus normas de medición
19. Probables efectos de las radiaciones de RF en la salud de los humanos
20. Estudios epidemiológicos “caso-control”
21. Ejemplo: Estudio del Dr. Lennart Hardell (Suecia)
22. Bioinitiative Report 2012 sobre los efectos biológicos y en la salud
23. Situación y resultados hasta la fecha
24. Medidas precautorias para los usuarios
25. Principios de precaución en las políticas públicas
26. El probable futuro

## Cantidad de usuarios de comunicaciones móviles en el mundo

- A fin de 2012 la población mundial total estimada era de 7,060 millones de personas. ¿ Cuántas de ellas usaban servicios de telecomunicaciones móviles?
- Al total de tarjetas SIM registradas en las redes de los operadores hay que restarle las que están inactivas a pesar de estar habilitadas para realizar comunicaciones, y se debe considerar que muchas personas usan más de una tarjeta en uno o más dispositivos móviles incluyendo teléfonos, tablets, notebooks, e-readers, etc.

Fuente	Cantidad de tarjetas SIM registradas en las redes de los operadores de servicios <b>a fin de 2012</b> (millones)	Usuarios únicos de servicios de comunicaciones móviles (millones)	% de una población estimada de 7,060 millones
UIT	6,800		
Ericsson	6,600	4,300	61%
GSMA Intelligence	6,400	3,200	45%

<https://gsmaintelligence.com>

<http://www.census.gov/popclock/>

## Potencia de la radiación de radiofrecuencia producida por los teléfonos móviles

- La potencia de transmisión de los dispositivos conectados a las redes móviles varía entre unos pocos mW y 2W.
- Los móviles tienen un sistema de control automático de su potencia de salida para:
  - lograr la calidad especificada y la continuidad de la comunicación
  - minimizar el consumo de energía de la batería
  - hacer un uso eficiente de la red y de las bandas de frecuencia asignadas
- La potencia depende de muchos factores tales como:
  - distancia entre el móvil y la estación base por la que accede a la red en cada momento
  - absorción de energía por los obstáculos en el trayecto en línea recta entre el móvil y la base
  - eficiencia de la tecnología empleada
  - eficiencia del dispositivo móvil
  - carga de tráfico en la red en el momento de la comunicación (CDMA)

## Potencia de la radiación de radiofrecuencia producida por los teléfonos móviles

- El celular transmite siempre a su máxima potencia:
  - cuando se enciende
  - inmediatamente después de que discamos o enviamos un mensaje de texto
  - inmediatamente después de que digitamos para apagarlo (avisa que se va a apagar)
  - cada vez que luego de estar un período encendido pero no en uso se comunica con la red para informar su ubicación
  - cada vez que estando encendido pero no en uso por el propietario se inicia o finaliza una comunicación por la red para la actualización automática del correo electrónico o de las aplicaciones instaladas en el dispositivo, o para actualizar o modificar la personalización que hace el operador en cada dispositivo
- Una vez establecida una comunicación el celular ajusta su potencia.
- La potencia varía durante una comunicación ya establecida cuando el usuario se mueve, y cuando varía la absorción por los obstáculos en el trayecto hasta la base.
- Los dispositivos móviles transmiten en forma uniforme en todas direcciones mediante una antena isotrópica.

## Potencia de la radiación de radiofrecuencia producida por los teléfonos móviles

- Como ningún fabricante de teléfonos móviles quiere que sus dispositivos sean los que no funcionan en situaciones de señal débil, todos hacen que sus equipos puedan aumentar la potencia de salida hasta el máximo permitido por las regulaciones.
- La potencia de transmisión de los teléfonos móviles es especialmente alta:
  - cuando la distancia hasta la estación base es grande como por ejemplo en áreas rurales
  - cuando el móvil es usado dentro de un ascensor, un automóvil, o un vagón de subterráneo, tren o tranvía
    - *los recintos metálicos como estos son jaulas de Faraday completas o parciales que blindan total o parcialmente la entrada y salida de radiación electromagnética, y el teléfono móvil incrementa la potencia para compensar el efecto de blindaje*
  - en el subsuelo de un edificio
  - cuando en el trayecto móvil-base hay muchos obstáculos que absorben energía
  - en las horas de pico de tráfico
    - *las comunicaciones en un canal producen un efecto de ruido en los otros canales y el móvil incrementa la potencia de transmisión para compensar (CDMA)*

## Potencia de la radiación de radiofrecuencia producida por los teléfonos móviles

- Niveles de potencia de transmisión de teléfonos móviles, tomados del sitio web del “*Journal of Occupational and Environmental Medicine*” del Grupo BMJ, una subsidiaria de la Asociación Médica Británica (BMA):
- <http://oem.bmj.com/content/61/9/769/T2.expansion.html>

Niveles de potencia de salida en Watts de teléfonos móviles (900/1800 MHz) en cuatro diferentes áreas durante una semana de medición				
Área	Días laborales		Fin de semana	
	07:00–19:00	19:00–07:00	07:00–19:00	19:00–07:00
75th centile				
Rural	2.00/-	2.00/-	2.00/-	2.00/-
Small urban	0.50/0.63	0.79/1.00	0.79/1.00	1.26/1.00
Suburban	2.00/1.00	2.00/1.00	2.00/1.00	2.00/1.00
City	1.26/0.63	2.00/1.00	2.00/1.00	2.00/1.00

- Percentil 75 significa que el 75% de las observaciones en cada caso se encontraron por debajo del valor indicado. Ese valor de potencia estuvo en el rango de 500 mW a 2 W.
- Los celulares analógicos tenían una potencia de salida de hasta 3.6 W.

## Frecuencias de transmisión empleadas en las comunicaciones móviles

	Bandas de frecuencia (MHz)
<b>2 G</b>	850
	900
	1,800
	1,900
<b>3 G</b>	2,100
<b>Horno de microondas</b>	2,450

Horno de microondas	Consumo de energía eléctrica	Potencia de microondas
Potencia (W)	1,100	700
Eficiencia	64%	
Frecuencia (GHz)	2.45	

Bluetooth	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Potencia (mW)	100	3	1
Rango de operación (m)	100	10	1
Frecuencia (GHz)	2.40 a 2.48		

## Frecuencias de transmisión empleadas en las comunicaciones móviles

- Las frecuencias de transmisión en 2G y 3G son cercanas a las usadas por los hornos de microondas.
- La potencia de un horno de microondas típico es mucho mayor que la de un teléfono celular, pero por supuesto entendemos que literalmente cocinan en sólo una exposición de unos pocos minutos.
- Las bandas empleadas para 4G varían de un país a otro, pero en general se asignan en frecuencias más altas. Para nuevas tecnologías y para el tráfico creciente por el aumento de la cantidad de usuarios y del uso promedio por usuario se continuarán asignando frecuencias más altas.
- **WiFi**
  - se usan bandas en 2.4 GHz, 3.7 GHz y 5 GHz
  - un hot-spot en 2.4 GHz transmite típicamente con una potencia de 30 mW
  - los dispositivos conectados al hot-spot transmiten con una potencia similar
  - el hot-spot transmite en forma permanente una señal de beacon de RF pulsada a unos 10 Hz
  - el hot-spot transmite en los downloads, los remotos durante los uploads, y hot-spot y remotos se comunican entre sí cuando se establece la conexión del remoto a la red.

## Potencia de la radiación de radiofrecuencia producida por las estaciones base de comunicaciones móviles

- Cada base se divide en tres sectores de 120 grados en sentido horizontal.
- Para un cálculo simplificado, supondremos que la antena de cada sector concentra la potencia de RF de transmisión en 120 grados horizontalmente y 24 grados en sentido vertical. La ganancia de la antena de un sector es:
- $G = (360/120) \times (360/24.0) = 45.0 = 16.5 \text{ dB}$   $G \text{ (dB)} = 10 \log_{10} G \text{ (veces)}$



altura

altura/ancho	Directividad (grados)		Ganancia de la antena	
	Horizontal	Vertical	Veces	dB
4.0	120	30.0	36.00	15.6
4.5		26.7	40.50	16.1
5.0		24.0	45.00	16.5
5.5		21.8	49.50	16.9
6.0		20.0	54.00	17.3

ancho

## Potencia de la radiación de radiofrecuencia producida por las estaciones base de comunicaciones móviles

En la práctica, la ganancia real es mayor en el eje de transmisión, y menor en otras direcciones. En el ejemplo simplificado suponemos una densidad de potencia uniforme sobre un sector de esfera de 120 grados en sentido horizontal y 24 grados en sentido vertical, y radio igual a la distancia hasta la fuente de radiación.

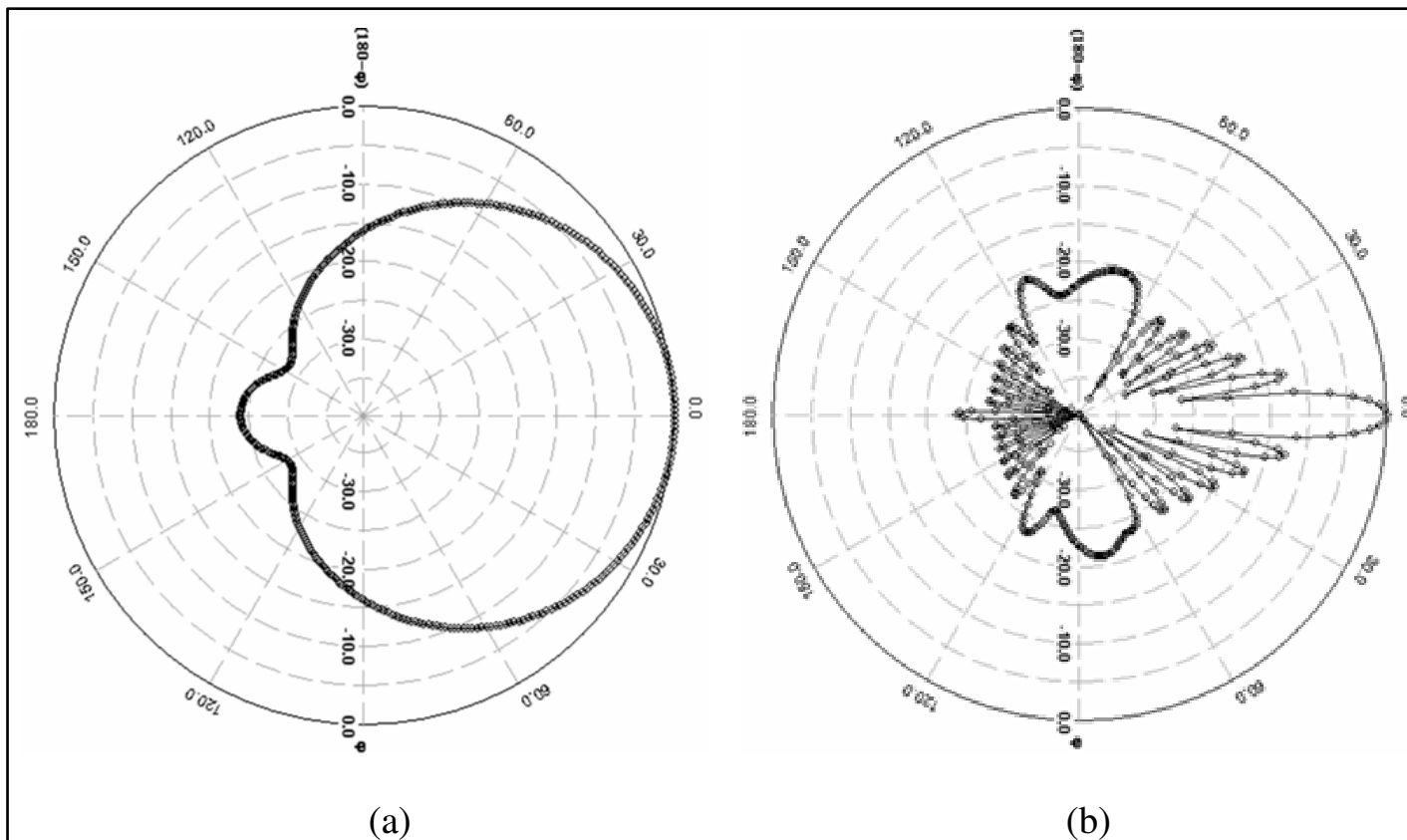


Fig. 1 – (a) Horizontal and (b) Vertical radiation pattern of a 17 dB gain antenna

Diagramas reales de irradiación *horizontal* (a la izquierda), y *vertical* (a la derecha) de una antena de sector de estación base, de ganancia

$$G = 17 \text{ dB} = 50.1 \text{ veces}$$

En la práctica se producen lóbulos secundarios, véase por ejemplo la irradiación hacia abajo en (b)

## Potencia de la radiación de radiofrecuencia producida por las estaciones base de comunicaciones móviles



### Ejemplo de torres con múltiples antenas de diferentes operadores

- GSM 900
- 4 operadores
- Banda de frecuencias de 25 MHz entre 935 MHz y 960 MHz
- La banda se divide en 20 sub bandas de 1.2 MHz cada una
- Si hay 4 operadores, se asignan por ejemplo 5 sub bandas a cada uno
- En cada sub banda se transmite una portadora de 10 W a 20 W de potencia
- Cada operador transmite entonces con una potencia de 50 W a 100W

- La potencia irradiada total por los 4 operadores es entonces de 200 W a 400 W por sector. Esto es para una banda de frecuencias, en otras bandas se usan otras antenas siguiendo un criterio similar.
- La potencia total irradiada es la originada por todas las portadoras en todas las bandas empleadas, necesarias para cursar al tráfico total de comunicaciones de voz y datos

## Comparación de la potencia de radiación recibida de un teléfono móvil con la recibida de una estación base

- **Supondremos por cada sector de 120 grados:**
  - 4 operadores
  - 5 sub bandas de 1.2 MHz por operador
  - La portadora que se transmite en cada sub banda transporta la información de 8 comunicaciones
  - 10 W a 20 W por sub banda
  - 50 W a 100 W por operador
  - 200 W a 400 W total por los 4 operadores
  - $G = 45.0$  veces = 16.5 dB
- Para comparar la densidad de potencia producida a distintas distancias por un teléfono móvil con la producida por un sector de estación base, emplearemos un [modelo simplificado en el que una misma antena de sector de estación base transmite con una potencia de 200 W a 400 W](#)

## Distancias a un móvil y a una estación base para igual densidad de potencia de radiación recibida

Potencia	$P$	
Área de una esfera	$A =$	$4 \pi r^2$
Densidad de potencia	$PD =$	$P/A$
	$r =$	$(P / 4 \pi PD)^{1/2}$

$PD_m =$	$P_m / 4 \pi r_m^2$
$PD_{cs} =$	$P_{cs} / 4 \pi r_{cs}^2$

- P** = potencia de la fuente de radiación
- r** = distancia desde la fuente de radiación
- A** = área de una esfera de radio r
- PD** = densidad de potencia a una distancia r de la fuente de radiación
- P<sub>m</sub>** = potencia de transmisión de un teléfono celular
- P<sub>cs</sub>** = potencia de transmisión de RF de un sector de estación base
- r<sub>m</sub>** = distancia desde el teléfono celular
- r<sub>cs</sub>** = distancia desde la estación base
- PD<sub>m</sub>** = densidad de potencia desde el móvil a una distancia r<sub>m</sub>
- PD<sub>cs</sub>** = densidad de potencia desde la base a una distancia r<sub>cs</sub>

**Distancias a un móvil y a una estación base  
para igual densidad de potencia de radiación recibida**

<b>Distancia desde la estación base y desde el teléfono móvil para igual densidad de potencia recibida (PDm = PDcs)</b>	
<b>si</b>	$PDm = PDcs$
<b>entonces</b>	$Pm / 4 \pi r_m^2 = Pcs / 4 \pi r_{cs}^2$
	$r_{cs} = r_m (Pcs / Pm)^{1/2}$

<b>Antena del sector de la estación base</b>	<b>Distancia desde la estación base y desde el teléfono móvil para igual densidad de potencia recibida (PDm = PDcs)</b>
Isotrópica	$r_{cs} = r_m (Pcs / Pm)^{1/2}$
Directiva	$r_{cs} = r_m (Pcs \mathbf{G} / Pm)^{1/2}$

**Distancias a un móvil y a una estación base  
para igual densidad de potencia de radiación recibida**

	Potencia de RF (W)
Teléfono móvil	0.05
Sector de est. base	400

Distancia desde la fuente para igual densidad de potencia			
Fuente de radiación			Densidad de potencia  (mW/cm <sup>2</sup> )
Teléfono móvil	Antena de la estación base		
	Isotrópica	Directiva	
Distancia desde la fuente (metros)			
0.01	0.89	6.0	3.98
0.02	1.79	12.0	0.99
0.03	2.68	18.0	0.44
0.04	3.58	24.0	0.25
0.05	4.47	30.0	0.16
0.10	8.94	60.0	0.04
0.20	17.89	120.0	0.01
0.50	44.72	300.0	0.00
1.00	89.44	600.0	0.00

**Distancias a un móvil y a una estación base  
para igual densidad de potencia de radiación recibida**

	Potencia de RF (W)
Teléfono móvil	0.1
Sector de est. base	400

Distancia desde la fuente para igual densidad de potencia			
Fuente de radiación			Densidad de potencia (mW/cm <sup>2</sup> )
Teléfono móvil	Antena de la estación base		
	Isotrópica	Directiva	
Distancia desde la fuente (metros)			
0.01	0.63	4.2	7.96
0.02	1.26	8.5	1.99
0.03	1.90	12.7	0.88
0.04	2.53	17.0	0.50
0.05	3.16	21.2	0.32
0.10	6.32	42.4	0.08
0.20	12.65	84.9	0.02
0.50	31.62	212.1	0.00
1.00	63.25	424.3	0.00

## Distancias a un móvil y a una estación base para igual densidad de potencia de radiación recibida

	Potencia de RF (W)
Teléfono móvil	0.5
Sector de est. base	400

Distancia desde la fuente para igual densidad de potencia			
Fuente de radiación			Densidad de potencia  (mW/cm <sup>2</sup> )
Teléfono móvil	Antena de la estación base		
	Isotrópica	Directiva	
Distancia desde la fuente (metros)			
0.01	0.28	1.9	39.79
0.02	0.57	3.8	9.95
0.03	0.85	5.7	4.42
0.04	1.13	7.6	2.49
0.05	1.41	9.5	1.59
0.10	2.83	19.0	0.40
0.20	5.66	37.9	0.10
0.50	14.14	94.9	0.02
1.00	28.28	189.7	0.00

**Distancias a un móvil y a una estación base  
para igual densidad de potencia de radiación recibida**

	Potencia de RF (W)
Teléfono móvil	1.0
Sector de est. base	400

Distancia desde la fuente para igual densidad de potencia			
Fuente de radiación			Densidad de potencia (mW/cm <sup>2</sup> )
Teléfono móvil	Antena de la estación base		
	Isotrópica	Directiva	
Distancia desde la fuente (metros)			
0.01	0.20	1.3	79.58
0.02	0.40	2.7	19.89
0.03	0.60	4.0	8.84
0.04	0.80	5.4	4.97
0.05	1.00	6.7	3.18
0.10	2.00	13.4	0.80
0.20	4.00	26.8	0.20
0.50	10.00	67.1	0.03
1.00	20.00	134.2	0.01

## Distancias a un móvil y a una estación base para igual densidad de potencia de radiación recibida

	Potencia de RF (W)
Teléfono móvil	2.0
Sector de est. base	400

Distancia desde la fuente para igual densidad de potencia			
Fuente de radiación			Densidad de potencia  (mW/cm <sup>2</sup> )
Teléfono móvil	Antena de la estación base		
	Isotrópica	Directiva	
Distancia desde la fuente (metros)			
0.01	0.14	0.9	159.15
0.02	0.28	1.9	39.79
0.03	0.42	2.8	17.68
0.04	0.57	3.8	9.95
0.05	0.71	4.7	6.37
0.10	1.41	9.5	1.59
0.20	2.83	19.0	0.40
0.50	7.07	47.4	0.06
1.00	14.14	94.9	0.02

## Distancias a un móvil y a una estación base para igual densidad de potencia de radiación recibida

Potencia del sector de estación base (W)			400	Potencia del sector de estación base (W)			200
Potencia del móvil (mW)	Distancia para PDm = PDcs		Densidad de potencia PDm = PDcs (mW/cm <sup>2</sup> )	Potencia del móvil (mW)	Distancia para PDm = PDcs		Densidad de potencia PDm = PDcs (mW/cm <sup>2</sup> )
	Desde el móvil (m)	Desde la base (m)			Desde el móvil (m)	Desde la base (m)	
50	<b>0.05</b>	30.0	0.16	50	<b>0.05</b>	21.2	0.16
100		21.2	0.32	100		15.0	0.32
500		9.5	1.59	500		6.7	1.59
1,000		6.7	3.18	1,000		4.7	3.18
2,000		4.7	6.37	2,000		3.4	6.37

En estos cuadros se puede ver, [para distintas potencias de transmisión de un teléfono móvil](#), a qué distancia de una estación base típica la densidad de potencia recibida por la radiación de la base es igual a la densidad de potencia recibida a **5 cm** de distancia del teléfono móvil, cuando la potencia total por sector de la base es de 400 W y 200 W. Se muestra también cuál es la densidad de potencia de radiación recibida.

Por la conciencia sobre los riesgos por las emisiones hoy nadie se pararía a 15 m y mucho menos a 5 m frente a la antena de un sector de estación base durante 30 minutos o una hora por día. Sin embargo, cientos de millones de personas hacen 30 a 60 minutos de llamadas de voz por día con el celular apoyado sobre un oído.

## Distancias a un móvil y a una estación base para igual densidad de potencia de radiación recibida

Comment	Power Density ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	References
<i>Natural background level for all RF frequencies</i>	0.0000000001	Powerwatch, International Guidance Levels, <a href="http://www.powerwatch.org.uk/gen/intguidance.asp">www.powerwatch.org.uk/gen/intguidance.asp</a>
	$1/(10^{10})$	
<i>Threshold of human sensitivity</i>	0.0000000001	N.N. Kositsky, A.I. Nizhelska and G.V. Ponezha (2001), Influence of high-frequency electromagnetic radiation at non-thermal intensities on the human body (a review of work by Russian and Ukrainian researchers) <i>Translation by Patricia Ormsby, No Place To Hide</i> , 3(1) Supplement. <a href="http://www.emfacts.com/ussr_review.pdf">www.emfacts.com/ussr_review.pdf</a>
	$1/(10^{10})$	

**Nota:** datos tomados de [http://www.hese-project.org/hese-uk/en/niemr/power\\_density\\_effects.pdf](http://www.hese-project.org/hese-uk/en/niemr/power_density_effects.pdf)

Potencia del móvil (mW)	Distancia para PDm = PDcs		Densidad de potencia PDm = PDcs (mW/cm <sup>2</sup> )	PD / nivel natural de densidad de potencia de RF
	Desde el móvil (m)	Desde la base (m)		
50	<b>0.04</b>	24.9	0.25	2,500,000,000,000
100		17.6	0.50	5,000,000,000,000
500		7.9	2.49	24,900,000,000,000
1,000		5.6	4.97	49,700,000,000,000
2,000		3.9	9.95	99,500,000,000,000

Los niveles de densidad de potencia son miles de millones de veces superiores al *nivel natural densidad de potencia de radiofrecuencia*.

## Potencia recibida a distintas distancias de un teléfono móvil

El área total del cuerpo de un hombre adulto de 1.75 m de altura y 75 kg de peso es de aprox. 1.9 m<sup>2</sup>. Si suponemos que el área de la parte del cuerpo que enfrenta al celular es el 40% del total, el área en la que recibe radiación un hombre parado frente el teléfono móvil es de 0,76 m<sup>2</sup>.

$P_R = (\text{área del hombre visto desde el celular} / \text{área en la que se distribuye la potencia irradiada}) \times P_T$

$$P_R = (0.76 \text{ m}^2 / 4 \pi D^2) \times P_T$$

$P_R$  : potencia recibida en todo el cuerpo

$P_T$  : potencia de transmisión del móvil

$D$  : distancia hasta el móvil

Distancia (m)	1	2	3	4	5	10
Potencia recibida (% $P_T$ )	6.0%	1.5%	0.7%	0.4%	0.2%	0.06%

- Hasta llegar al cuerpo hay solo dispersión de la energía. Una vez que la radiación alcanza el cuerpo comienza a haber absorción de energía. Solo una parte de la energía es absorbida.
- Cuando hacemos llamadas de voz con el móvil apoyado en un oído, la probabilidad de que el trayecto móvil-base atraviese la cabeza es del 50%.
- En el 100% de los casos aproximadamente la mitad de la potencia irradiada va a nuestra cabeza. Si el móvil está transmitiendo por ejemplo con 1 W de potencia, 500 mW van a nuestra cabeza.

## Energía de radiación recibida

- Si un móvil está operando con una potencia de 1W, en una hora de llamadas de voz con el dispositivo apoyado sobre una oreja la energía irradiada es 1 Wh, del que 0.5 Wh va a la cabeza.
- Nuestros sentidos no pueden percibir la radiación de radiofrecuencia de los dispositivos móviles, bases de redes de celular, redes de WiFi, etc. Esta radiación no tiene sabor, olor, color, es invisible y no hace ruido.
- La mayoría de la gente no puede apreciar la magnitud de la radiación a la que se expone.
- *¿1 Wh es mucha o poca energía? ¿qué se puede hacer con 1 Wh, o con una cantidad equivalente de otro tipo de energía?*

### Energía mecánica equivalente a 1 Wh

**Energía** = potencia x tiempo = fuerza x distancia

**Fuerza** = masa x aceleración

**N** = Newton = fuerza que aplicada a 1 kg masa produce una aceleración de 1 (m/s<sup>2</sup>)

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

## Energía de radiación recibida

Equivalencia entre energía eléctrica y energía mecánica:

$$1 \text{ W} \times 1 \text{ s} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$$

$$1 \text{ W} \times \text{s} = 1 \text{ kg} \times (\text{m/s}^2) \times \text{m}$$

**aceleración de la gravedad** =  $g = 9.8 \text{ (m/s}^2)$

$$1 \text{ W} \times \text{s} = (1/9.8) \text{ kg} \times 9.8 \text{ (m/s}^2) \times \text{m} = (1/9.8) \text{ kg} \times g \times \text{m}$$

$$1 \text{ Wh} = (3,600/9.8) \text{ kg} \times g \times \text{m} = 367.35 \text{ kg} \times g \times \text{m}$$

$$1 \text{ Wh} = 100 \text{ kg} \times g \times 3.67 \text{ m}$$

$$1 \text{ kWh} = 100,000 \text{ kg} \times g \times 3.67 \text{ m}$$

- **1 Wh** es equivalente a la energía mecánica potencial de una masa de 100 kg suspendida a una altura de 3.67 m. Es también igual a la energía necesaria para levantar una masa de 100 kg desde el nivel del suelo hasta una altura de 3.67 m.
- **1 W** es la potencia que aplicada durante una hora produce la energía necesaria para levantar una masa de **100 kg** desde el suelo hasta una altura de **3.67 m**.
- **1 kWh** es equivalente a la energía mecánica necesaria para levantar una masa de **100 toneladas** a una altura de **3.67 m**.

## Energía de radiación recibida acumulada en el tiempo

- Si suponemos que el celular opera a **1 W** de potencia de salida y el usuario hace un total diario de una hora de llamadas de voz con el teléfono móvil contra un oído, la energía irradiada hacia su cabeza es 0.5 Wh por día y equivale a la energía requerida para elevar **50 kg** a **3.67 m** de altura.
- *La **energía de radiación** recibida por la cabeza de ese usuario **acumulada** en un mes es equivalente a la energía necesaria para levantar 1.5 toneladas a 3.67 m de altura, y **18 toneladas a la misma altura en un año.***
- *¿El celular funciona con una potencia de “solo 100 mW”? Entonces la energía de radiación recibida acumulada en un mes con el mismo patrón de llamadas es equivalente a la energía mecánica necesaria para levantar 150 kg a 3.67 m de altura, y **1.8 toneladas a la misma altura en un año.***
- Aunque no toda esa energía es absorbida por la cabeza del usuario porque una parte la “atraviesa” y continúa su camino, ***es casi imposible imaginar cómo semejante exposición acumulada a energía de radiación puede ser inofensiva para la salud.***
- La magnitud de la **radiación acumulada** continúa creciendo año a año. Mientras más joven se comienza a usar teléfonos móviles, más radiación acumulada recibirá el usuario a lo largo de su vida.
- Hoy usan celulares niños de 10 años o menos. Cuando tengan 50 años habrán recibido una radiación acumulada en 40 años, tal vez equivalente a la energía necesaria para levantar 72 toneladas a 3.67 de altura, suponiendo que el celular operó a 100 mW de potencia, es decir que la persona no hizo llamadas de voz estando dentro de un auto, tren o subterráneo, de un ascensor o en un subsuelo, o en zonas de baja cobertura. Y ***en realidad hoy la exposición comienza en el vientre de la madre.***

## Energía **total** de radiación recibida

La **radiación total de radiofrecuencia** a la que estamos expuestos en la vida diaria proviene de:

- **redes celulares de comunicaciones móviles**
  - estaciones base
  - dispositivos móviles (teléfonos, tabletas, laptops, etc.)
- **WiFi** : redes de área local de acceso fijo o móvil
  - hotspots (puntos de acceso inalámbrico a redes de área local)
  - dispositivos fijos o móviles (teléfonos, tabletas, e-readers, laptops, consolas de videojuegos, etc.)
- **WIMAX** : redes inalámbricas de acceso fijo o móvil (última milla)
  - gateways indoor y outdoor
  - estaciones de usuario fijas o móviles
- **teléfonos inalámbricos**
  - base
  - teléfonos
- **sistemas smart metering y smart grid** (todavía no hay en Argentina)
  - access points
  - smart meters inalámbricos
- **sistemas inalámbricos de alarma, monitoreo y control**
- **sistemas de comunicaciones con satélites geoestacionarios**
  - satélites de órbita geoestacionaria
  - estaciones terrestres fijas
- **sistemas de comunicaciones con satélites no geoestacionarios de baja altura**
  - satélites de órbita no estacionaria de baja altura
  - estaciones terrestres móviles y fijas
- **antenas transmisoras de radiodifusión de radio AM y FM, y TV**

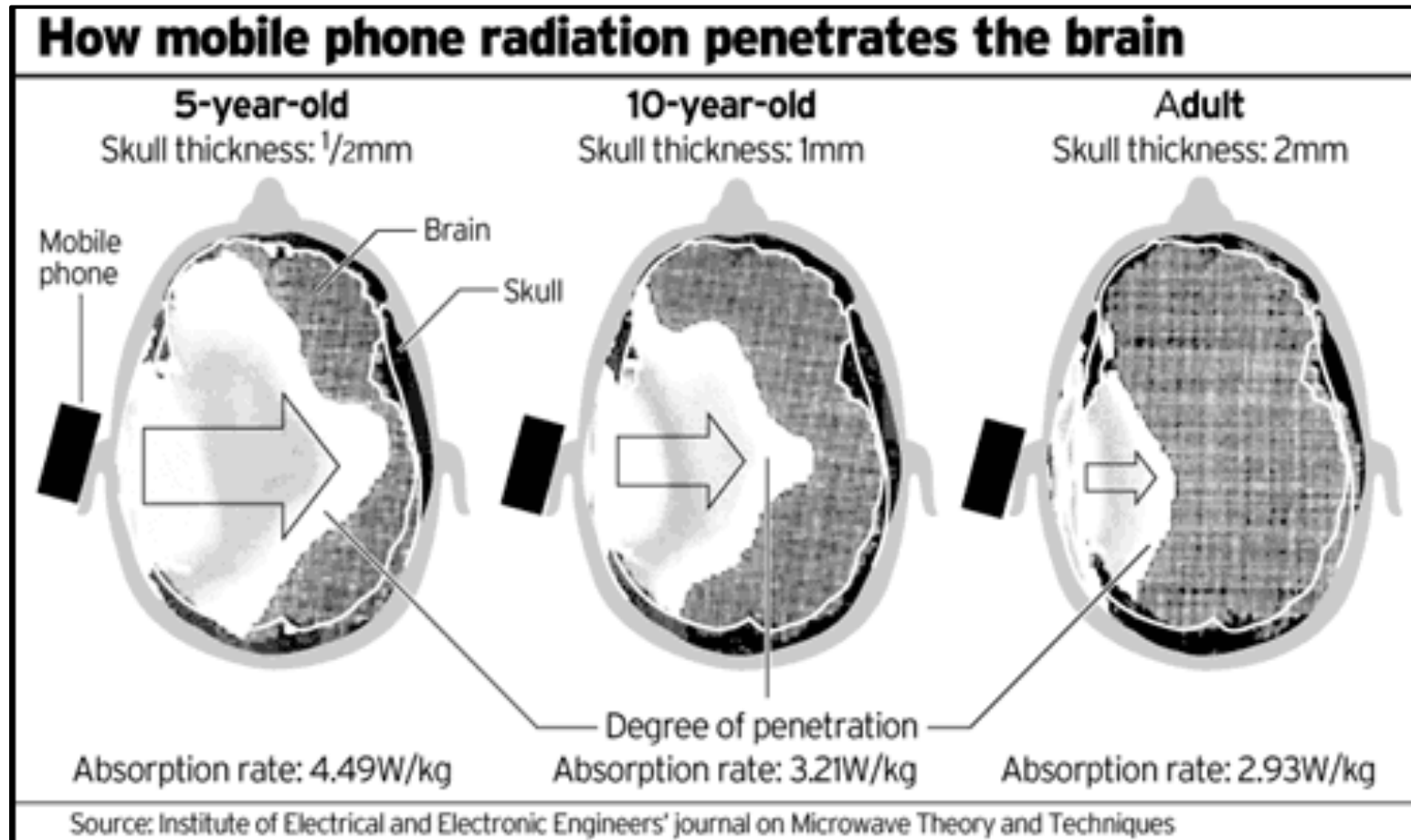
## Energía total de radiación recibida

- A lo anterior se le puede sumar la radiación de sistemas de baja potencia como Bluetooth y RFID.
- Salvo en las áreas rurales, rutas y zonas sin cobertura de redes celulares, **en cada punto en el que nos encontremos estamos “iluminados” en todo momento por lo menos por tres estaciones base por cada operador que preste servicio en la zona.**
- Por eso es que los operadores de servicios pueden determinar la ubicación de un móvil estimando las distancias móvil-base por el nivel con el que se recibe la transmisión del móvil en tres bases, y haciendo una triangulación. Esta cobertura múltiple en cada punto no estuvo pensada para ubicar al móvil sino para garantizar la continuidad de la comunicación cuando el usuario se desplaza.
- El nivel total de potencia de radiación de radiofrecuencia proveniente de todas las fuentes mencionadas **excede en miles de millones de veces al nivel de radiación similar producida por las fuentes naturales que son el sol y las estrellas.**
- Durante períodos de algunos minutos en ciertos días por año en los que ocurren las llamadas tormentas solares, el nivel de radiación natural es mayor, y las comunicaciones por satélites son afectadas por el ruido que produce la radiación electromagnética del sol en las bandas de frecuencia usadas para comunicaciones satelitales, cuando el sol visto desde la estación receptora terrestre se encuentre detrás y muy cerca del satélite (caso de DirecTV por ejemplo). Pero esta ocasional mayor radiación natural sigue siendo de potencia millones de veces inferior a la producida por los sistemas creados por el hombre.
- En las estaciones terrestres de sistemas de comunicaciones con satélites geoestacionarios, se mide la relación G/T (ganancia sobre temperatura de ruido) apuntando la antena a una estrella como Cassiopeia, que emite radiación en las bandas usadas por estos sistemas.

## Energía **total** de radiación recibida

- El cuerpo humano no está preparado para recibir el nivel de radiación de radiofrecuencia al que se lo expone en forma creciente año a año desde hace unas cinco décadas. No tenemos en nuestro ADN respuestas adecuadas para protegernos ante esta radiación.
- La radiación de radiofrecuencia a la que hoy estamos expuestos no sólo es de un nivel miles de millones de veces mayor que el de la radiación natural, sino que **también es crónica o permanente en al caso de varias de las fuentes antes detalladas**, por ejemplo las transmisiones de estaciones base de redes celulares, de hot-spots de WiFi, y las bases de los teléfonos inalámbricos.
- Es intuitivo suponer y sospechar que los **efectos biológicos** de estas radiaciones dependan:
  - del **nivel de potencia** de cada exposición
  - de la **duración de cada exposición** (determina la **energía** de la radiación)
  - de la **duración acumulada de exposición durante la vida de cada persona**
  - de **algunas características de las señales** de radiofrecuencia producidas por el hombre (las radiaciones naturales son aleatorias, vistas por un instrumento de medición se ven como ruido blanco y no son pulsadas ni moduladas, mientras que las producidas por el hombre son moduladas y pulsadas de distinta forma según la tecnología empleada)
  - del **nivel total de potencia producido por todas las fuentes de radiación** presentes en el punto en cuestión

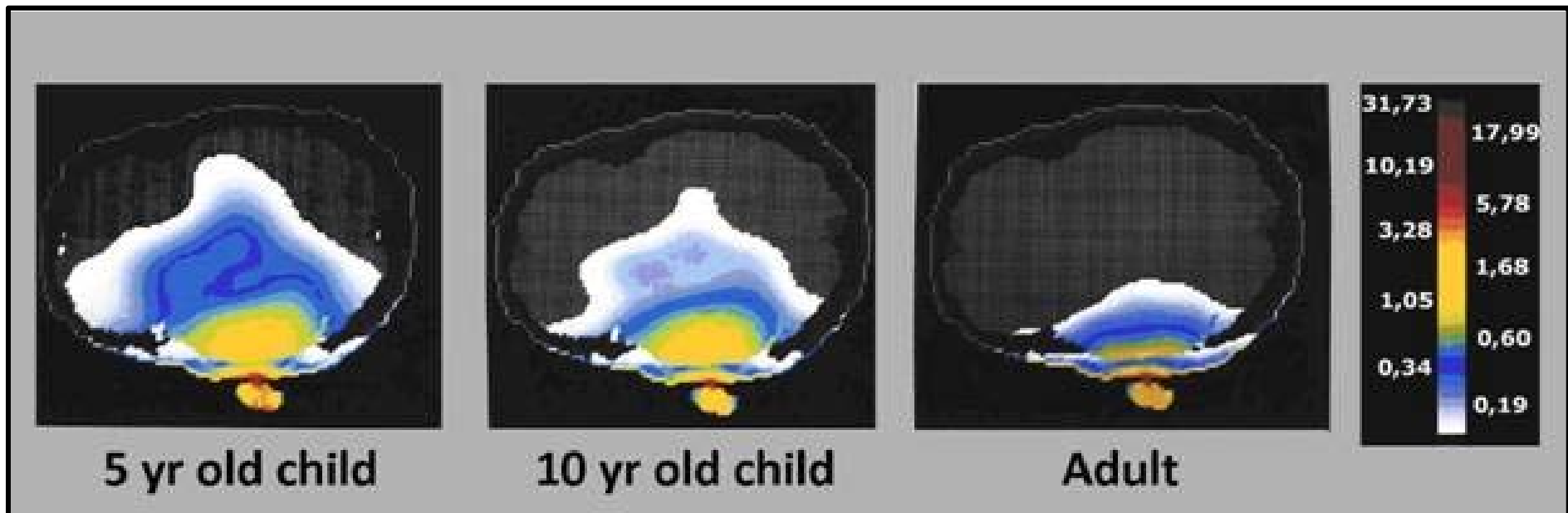
## Absorción de energía de radiación en el cerebro



Todo el cerebro absorbe energía de radiación. Las figuras muestran hasta qué penetración llega radiación de un mismo nivel en cada caso. Se muestra la tasa de absorción específica (**SAR**, specific absorption rate), que es una **tasa promedio de absorción de potencia**. Multiplicada por el tiempo de exposición se obtiene la tasa de absorción de energía.

## Absorción de energía de radiación en el cerebro

- El cerebro de un adulto tiene típicamente una masa de entre 1.3 y 1.4 kg. Si la SAR es 2 W/kg y la masa es 1.35 kg, entonces la absorción de energía es de 2.7 Wh por cada hora de exposición.
- El cerebro de un niño tiene proporcionalmente más líquido cerebroespinal y sangre que el de un adulto y sus tejidos son más blandos, por lo que absorbe más energía por unidad de masa que el cerebro de un adulto. Las orejas y el cráneo de un niño son más delgados que los de un adulto, por lo que el teléfono está más cerca del cerebro en las llamadas de voz.



*Depth of absorption of cell phone radiation in a 5-year old child, a 10-year old child, and in an adult from GSM cell phone radiation at 900 MHz. Color scale on right shows the SAR in Watts per kilogram. Gandhi et al., IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques (1996)*

**Nota: no siempre el móvil opera con la potencia de este ejemplo**

## Normas regulatorias para limitar la exposición a las radiaciones de RF

- La telefonía celular comenzó a operar en el año 1984. Los niveles de potencia de las bases y los móviles fueron determinados solamente en función de lo posible y razonable según criterios técnicos y económicos. Inicialmente no se establecieron límites a la potencia de radiación para protección de la salud.
- A fines de los 80 comenzó a manifestarse por parte de científicos preocupación por los posibles efectos biológicos. A principios de los 90 se formó en EEUU un grupo con destacados expertos en biología, medicina y tecnología para investigar los posibles efectos y producir recomendaciones, financiado por la industria de telecomunicaciones (fabricantes de teléfonos móviles, de equipos para las redes, y operadores de servicios).
- Hacia el año 1994 el grupo investigador informó a los auspiciantes del estudio sus primeros resultados. Las imágenes mostradas en los dos slides anteriores son parte de los hallazgos de ese estudio. Como consecuencia de los resultados encontrados, la industria decidió detener el estudio.
- El IEEE (Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos) produjo entonces una norma para niveles seguros de exposición a la radiación de campos electromagnéticos:
- [http://www.euitt.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web\\_salud\\_medioamb/normativas/ieee/C95.1.pdf](http://www.euitt.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web_salud_medioamb/normativas/ieee/C95.1.pdf)

## Normas regulatorias para limitar la exposición a las radiaciones de radiofrecuencia en **ambientes no controlados** o **exposición pública general**

- La FCC (Federal Communications Commission), agencia reguladora de las telecomunicaciones en EEUU, adoptó esta norma. En la Parte 4, que contiene las recomendaciones, se define la Máxima Exposición Permisible (MEP) en términos de la densidad de potencia y de las corrientes inducidas en el cuerpo por la exposición a tales campos o por contacto con objetos expuestos a tales campos. LA MEP se da como una función de la frecuencia.
- La exposición asociada con un **ambiente no controlado** es la exposición de individuos que no tienen conocimiento o control de su exposición. La exposición puede ocurrir en sitios de vivienda o de trabajo. **Este es el caso de los usuarios de teléfonos móviles.**
- La exposición asociada con un **ambiente controlado** es la incurrida por personas que están conscientes de la posibilidad de exposición, como concomitante de su empleo, o por el paso transitorio a través de áreas donde el análisis muestra que los niveles de exposición pueden estar por encima de los límites recomendados para entornos no controlados, pero no exceder los valores para ambientes controlados.
- **La exposición en espacios públicos o ambientes no controlados corresponde las radiaciones producidas por las estaciones base y otras fuentes que “iluminan” el espacio público.**

## Normas regulatorias para limitar la exposición a las radiaciones de RF en ambientes no controlados o exposición pública general

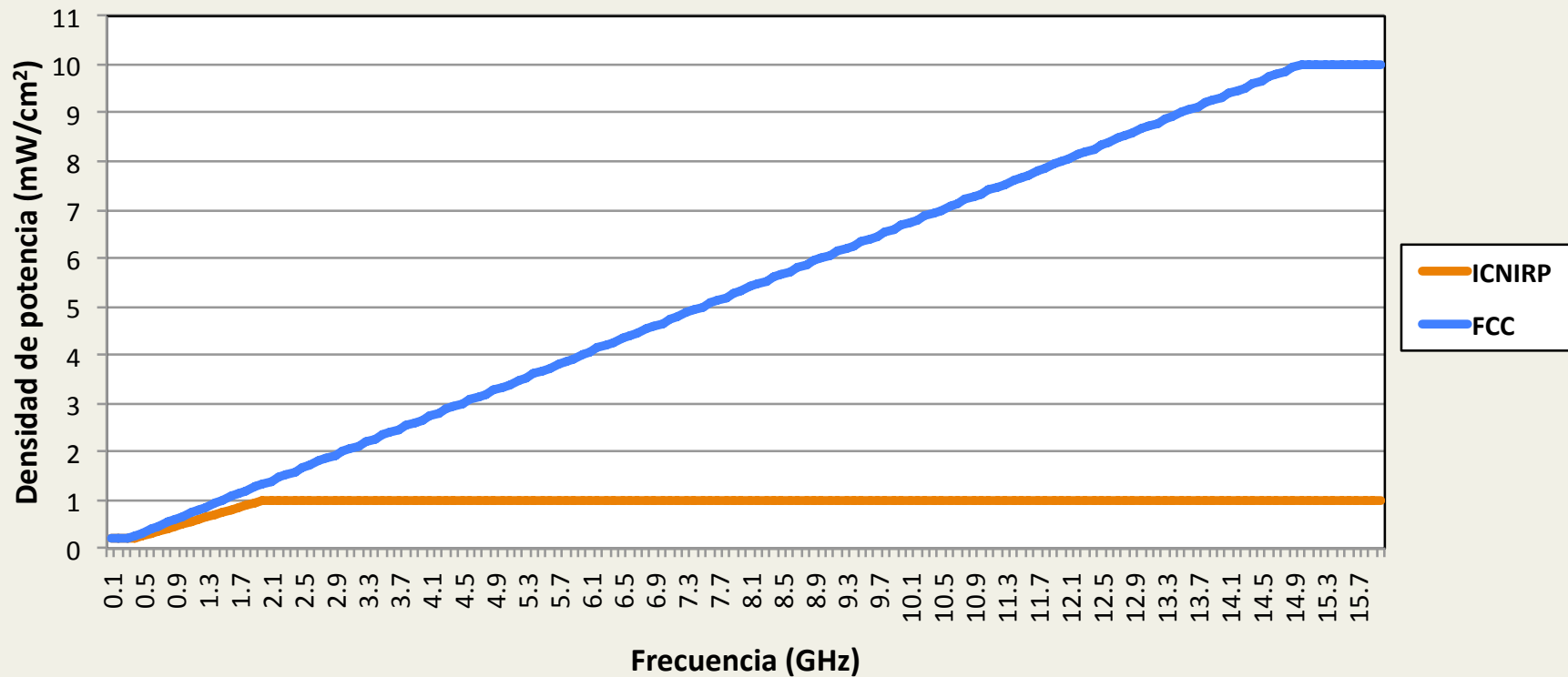
Pauta (Guideline) de la ICNIRP (1)	Exposición pública general		
	Frecuencia	mW/cm <sup>2</sup>	μW/cm <sup>2</sup>
	10 MHz - 400 MHz	0.2	200
	400 MHz - 2,000 MHz	$f/2,000$	$f/2$
2 GHz - 300 GHz	1	1,000	
Norma de la FCC (2)	Ambientes no controlados		
	Frecuencia	mW/cm <sup>2</sup>	μW/cm <sup>2</sup>
	100 MHz - 300 MHz	0.2	200
	300 MHz - 15,000 MHz	$f/1,500$	$f/1.5$
	15 GHz - 300 GHz	10	10,000

*f es la frecuencia en MHz*

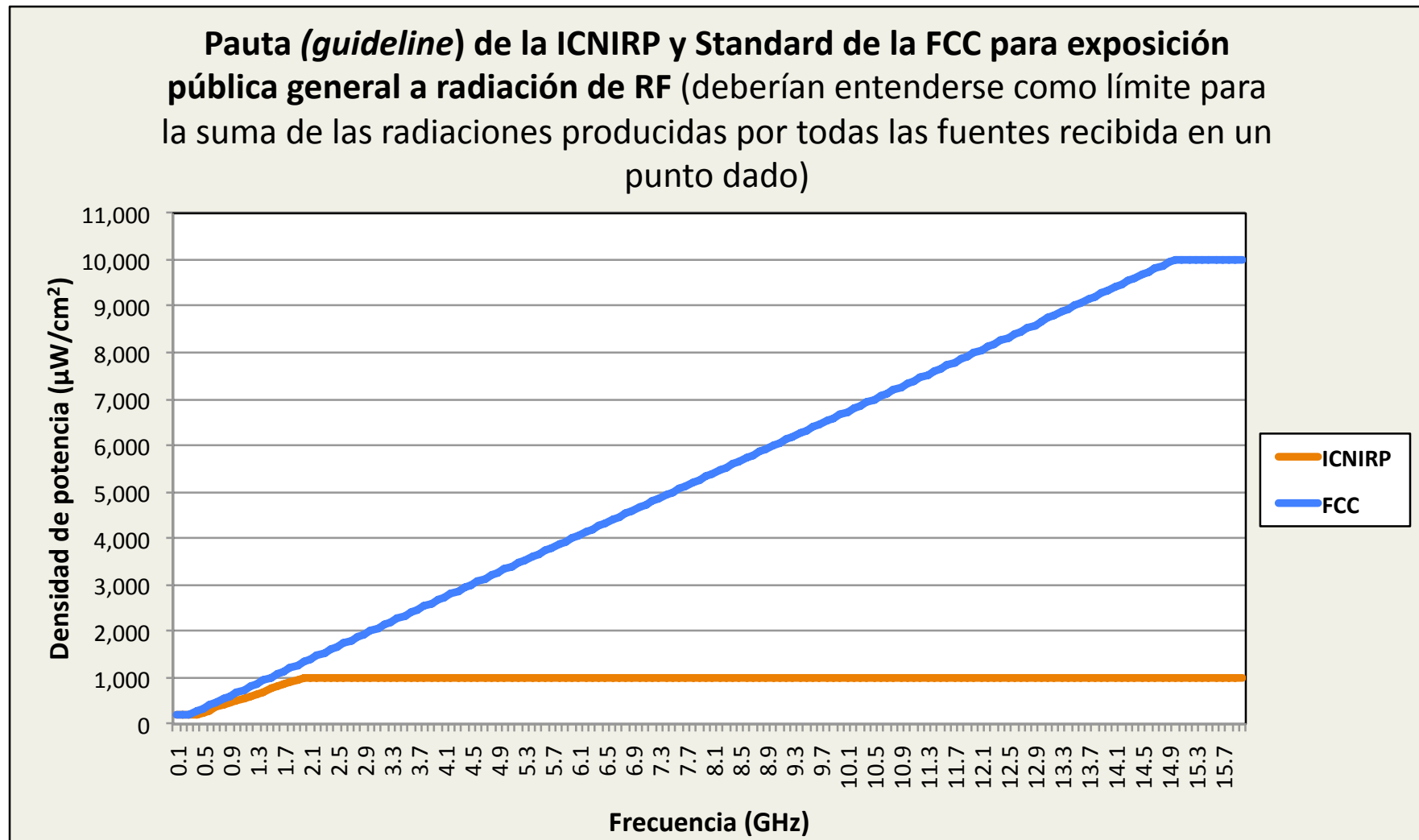
- 1) ICNIRP Guidelines for Limiting exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz).
  - 2) IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz.
- Estos deberían entenderse como límites para la suma de las radiaciones de todas las fuentes.
  - Si no fuera así, debería haberse definido la cantidad de fuentes de radiación permitidas.

**Pauta de la ICNIRP para la exposición pública a radiaciones de RF y norma de la FCC para exposición a radiaciones de RF en ambientes no controlados**  
(densidad de potencia en  $\text{mW}/\text{cm}^2$ )

**Pauta (*guideline*) de la ICNIRP y Standard de la FCC para exposición pública general a radiación de RF (deberían entenderse como límite para la suma de las radiaciones producidas por todas las fuentes recibida en un punto dado)**



**Pauta de la ICNIRP para la exposición pública a radiaciones de RF y norma de la FCC para exposición a radiaciones de RF en ambientes no controlados**  
(densidad de potencia en  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )



## Distancia mínima a un teléfono móvil para no superar la densidad de potencia máxima establecida por la ICNIRP y la FCC

Frecuencia (MHz)	Límite ICNIRP f/2,000 (mW/cm <sup>2</sup> )	Distancia mínima al móvil para no superar el límite ICNIRP para PD (cm)				
		Potencia de transmisión del móvil (mW)				
		2,000	1,000	500	200	100
850	0.425	19.4	13.7	9.7	6.1	4.3
900	0.450	18.8	13.3	9.4	5.9	4.2
1800	0.900	13.3	9.4	6.6	4.2	3.0
1900	0.950	12.9	9.2	6.5	4.1	2.9
2100	1.050	12.3	8.7	6.2	3.9	2.8

Frecuencia (MHz)	Límite ICNIRP f/1,500 (mW/cm <sup>2</sup> )	Distancia mínima al móvil para no superar la norma de la FCC para PD (cm)				
		Potencia de transmisión del móvil (mW)				
		2,000	1,000	500	200	100
850	0.567	16.8	11.9	8.4	5.3	3.7
900	0.600	16.3	11.5	8.1	5.2	3.6
1800	1.200	11.5	8.1	5.8	3.6	2.6
1900	1.267	11.2	7.9	5.6	3.5	2.5
2100	1.400	10.7	7.5	5.3	3.4	2.4

- Los límites fijados para la exposición pública general (estaciones base y otras fuentes en ambientes públicos) se superan cuando la distancia a un teléfono móvil es menor que las indicadas en azul en los cuadros para normas ICNIRP y FCC.
- Para la radiación de los móviles el límite está dado por la SAR, que hace posible que operen a potencias que superan las permitidas para la exposición pública general.

## Normas regulatorias para la exposición a radiaciones de RF de los dispositivos móviles

### Tasa de Absorción Específica (SAR, *Specific Absorption Rate*)

- En la práctica la MEP no se aplica al caso de las radiaciones de RF producidas por los dispositivos móviles (celulares, WiFi y otros) en el rango de frecuencias de 100 kHz a 6 GHz, ya que en el punto 4.2.2 de su norma el IEEE establece la siguiente exclusión de los niveles de MEP recomendados y define los límites en función de la SAR.
- *En frecuencias entre 100 kHz y 6 GHz, la MEP en ambientes no controlados puede ser excedida si se puede demostrar mediante técnicas adecuadas que las condiciones de la exposición producen una SAR por debajo de 0.08 W/kg, promediada en todo el cuerpo, y valores de SAR espacial pico no mayores que 1.6 W/kg, promediada en 1 g de tejido con forma de cubo, excepto en las manos, muñecas, pies, y tobillos en los que la SAR espacial pico no deberá exceder 4 W/kg, promediada en 10 g de tejido con forma de cubo.*
- La SAR es una medida de la tasa a la cual el cuerpo absorbe potencia cuando es expuesto a un campo electromagnético. Se define como la potencia absorbida por unidad de masa de tejido del cuerpo, y se da en W/kg. La SAR es promediada en todo el cuerpo, y en una pequeña muestra de tejido (típicamente 1 g o 10 g de tejido). El valor citado es el máximo nivel medido en la parte del cuerpo estudiada y para la masa de tejido especificada.
- La SAR es una tasa promedio de absorción de potencia.
- Multiplicando por el tiempo de exposición se puede obtener la tasa promedio de absorción de energía.

## Definición de la SAR

$$\text{SAR (W/kg)} = \sigma E^2 / \delta$$

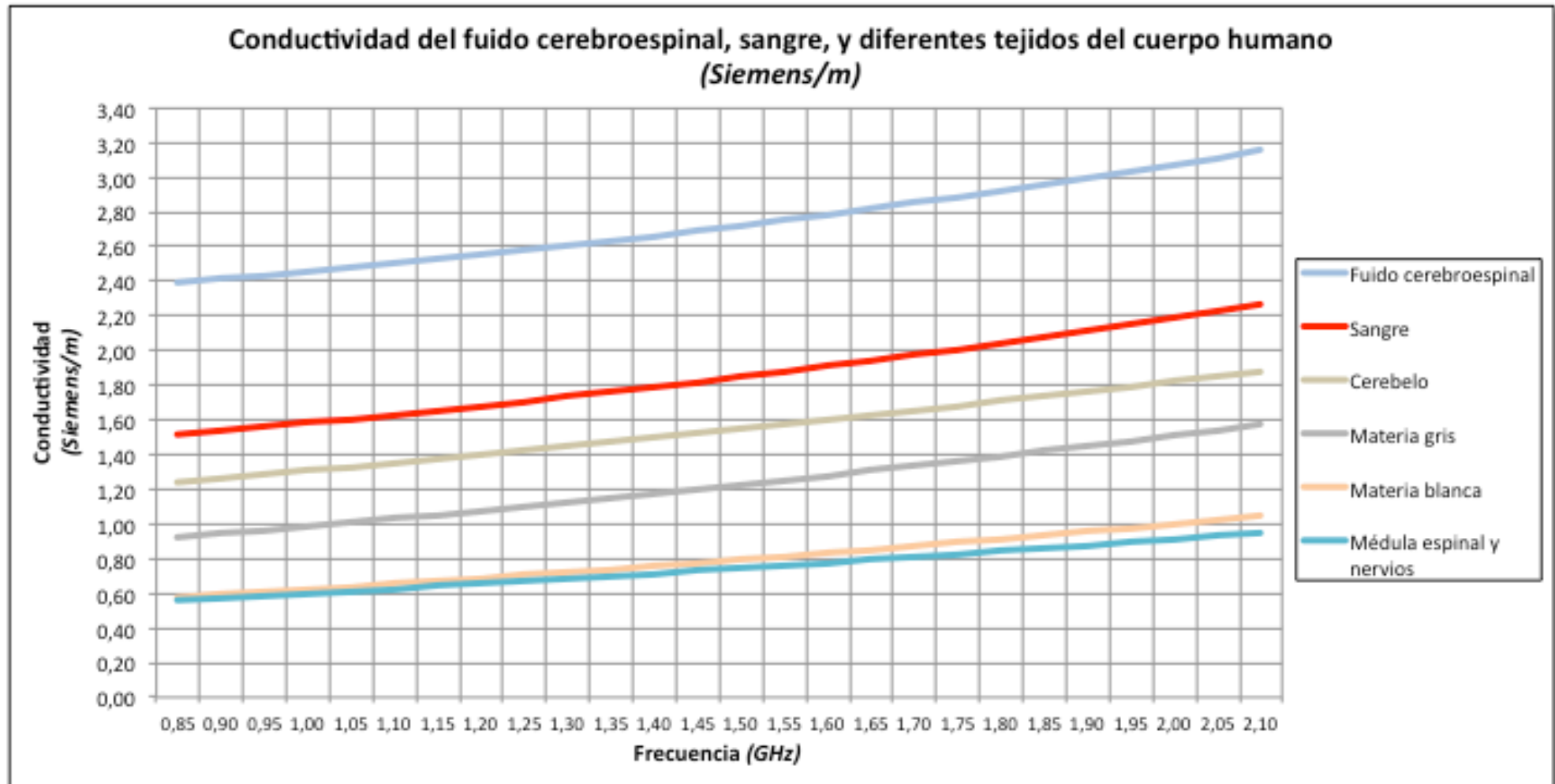
$E$  = intensidad del campo eléctrico (V/m)

$\sigma$  = conductividad del tejido

$\delta$  = densidad del tejido

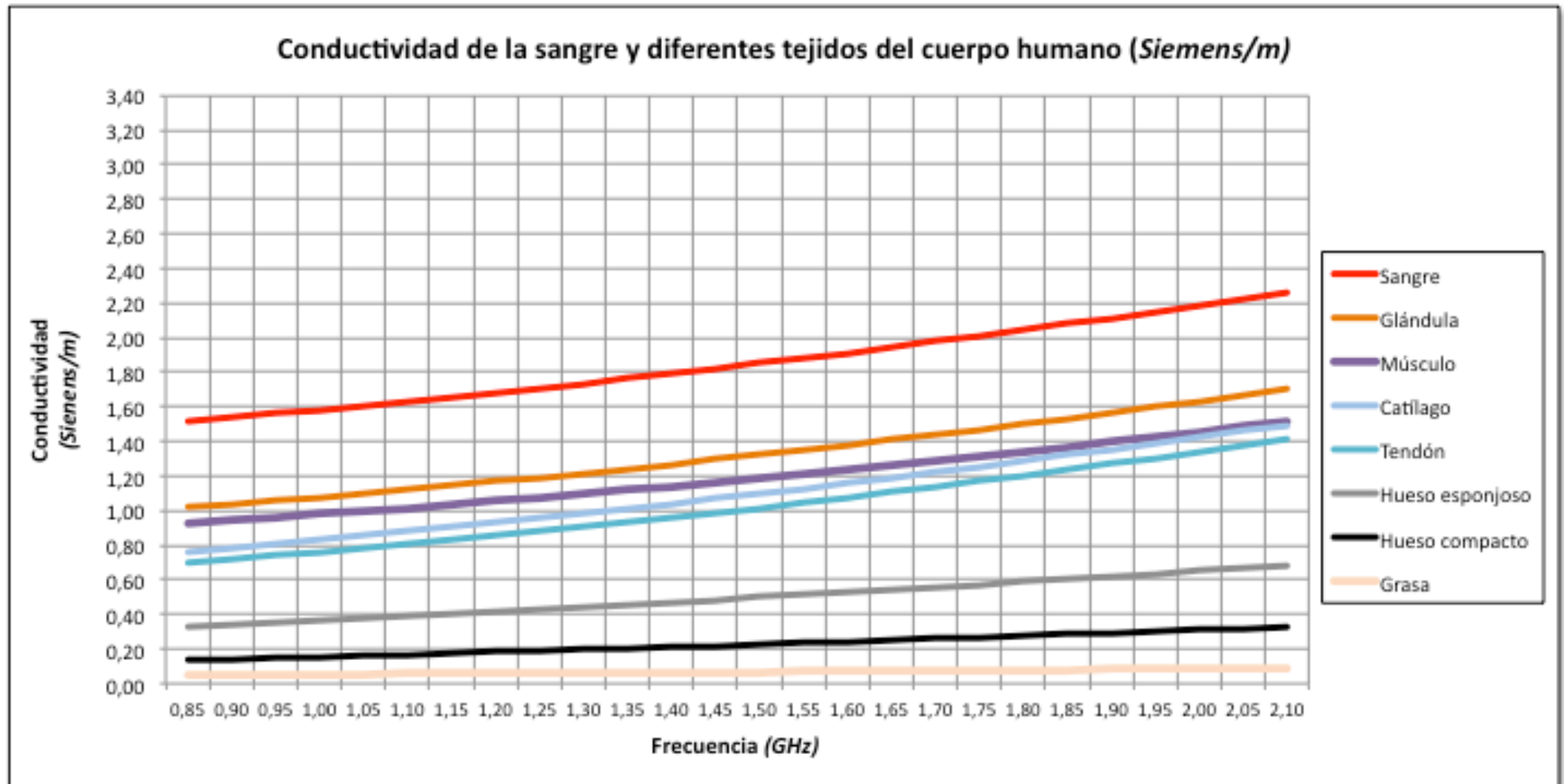
- De acuerdo con esta relación, la absorción de energía de radiación:
  - crece linealmente para mayor conductividad del tejido del cuerpo expuesto a la radiación
  - disminuye linealmente para mayor densidad del tejido
  - aumenta con el cuadrado de la intensidad del campo eléctrico
- La SAR es una medida de efectos térmicos solamente, no de efectos biológicos (el límite se determinó para que incremento de temperatura no supere 0.5 °C en una exposición de 30 minutos). Puede determinarse la SAR en tejidos o materia muertos, mientras que lo que importa es el efecto en tejidos, organismos y seres vivos. El cuerpo humano es un organismo vivo que tiene un mecanismo de regulación automática para intentar mantener la temperatura dentro de un determinado rango.
- La conductividad de los tejidos del cuerpo aumenta con la frecuencia, y en consecuencia para la misma potencia de radiación la SAR aumenta para frecuencias mayores. Por lo tanto, la potencia máxima permitida de los teléfonos móviles debe ser menor para bandas de frecuencia más altas, para no sobrepasar los límites de SAR de 1.6 W/kg en EEUU y 2.0 W/kg en Europa.
- En las tres figuras siguientes se muestra la conductividad de diferentes tejidos del cuerpo humano, de la sangre y del fluido cerebroespinal, en el rango de frecuencias 0.8 GHz – 2.2 GHz, que incluye las bandas asignadas para 2G y 3G, tomada de: <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/>

## Conductividad de diferentes tejidos del cuerpo humano, sangre y fluido cerebroespinal

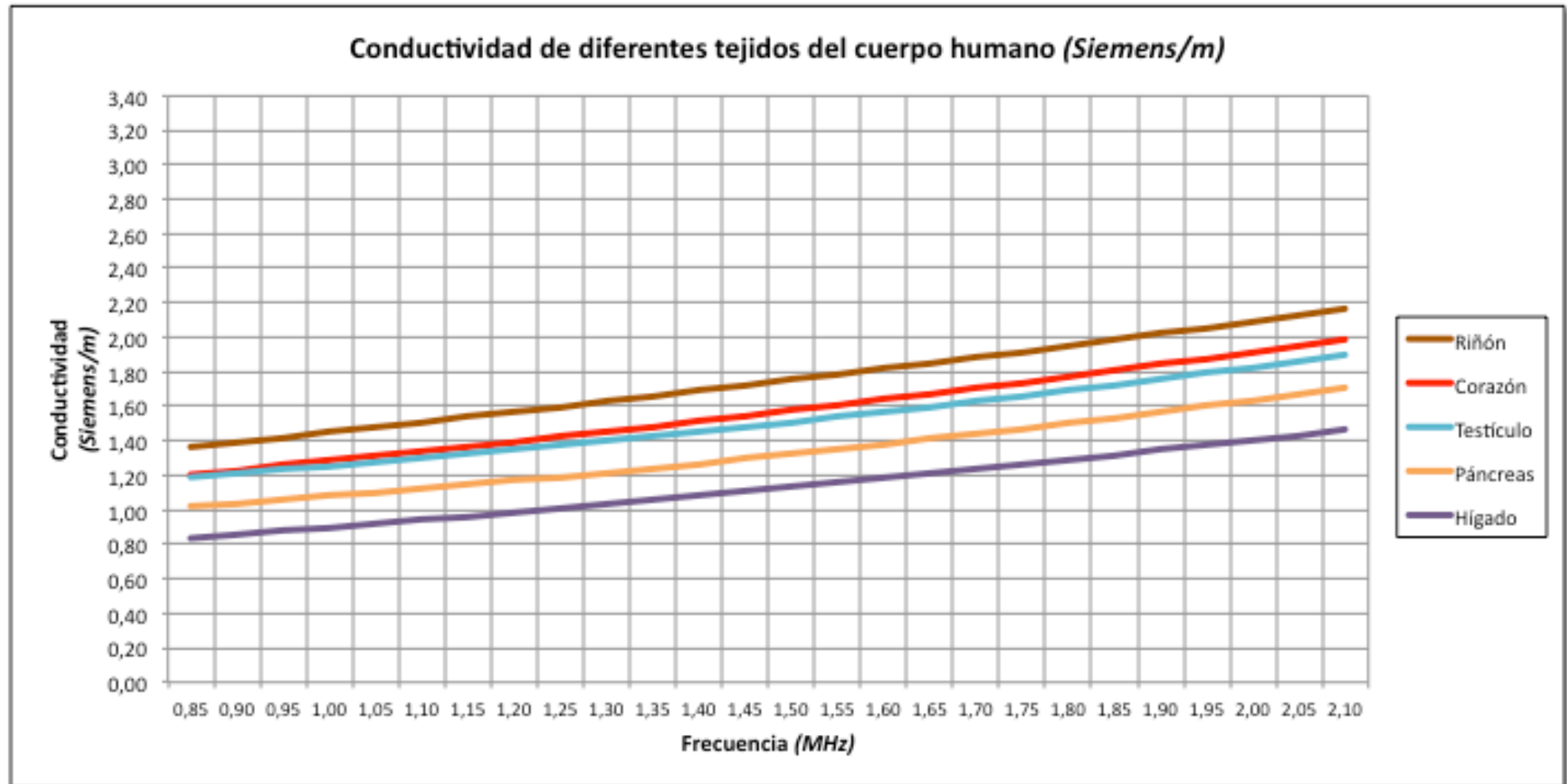


- La conductividad del fluido cerebroespinal es mayor que la de la sangre y que la de los tejidos del cerebro.
- A mayor conductividad, mayor absorción de energía de radiación. La densidad promedio de los tejidos del cerebro es de unos  $1.09 \text{ g/cm}^3$

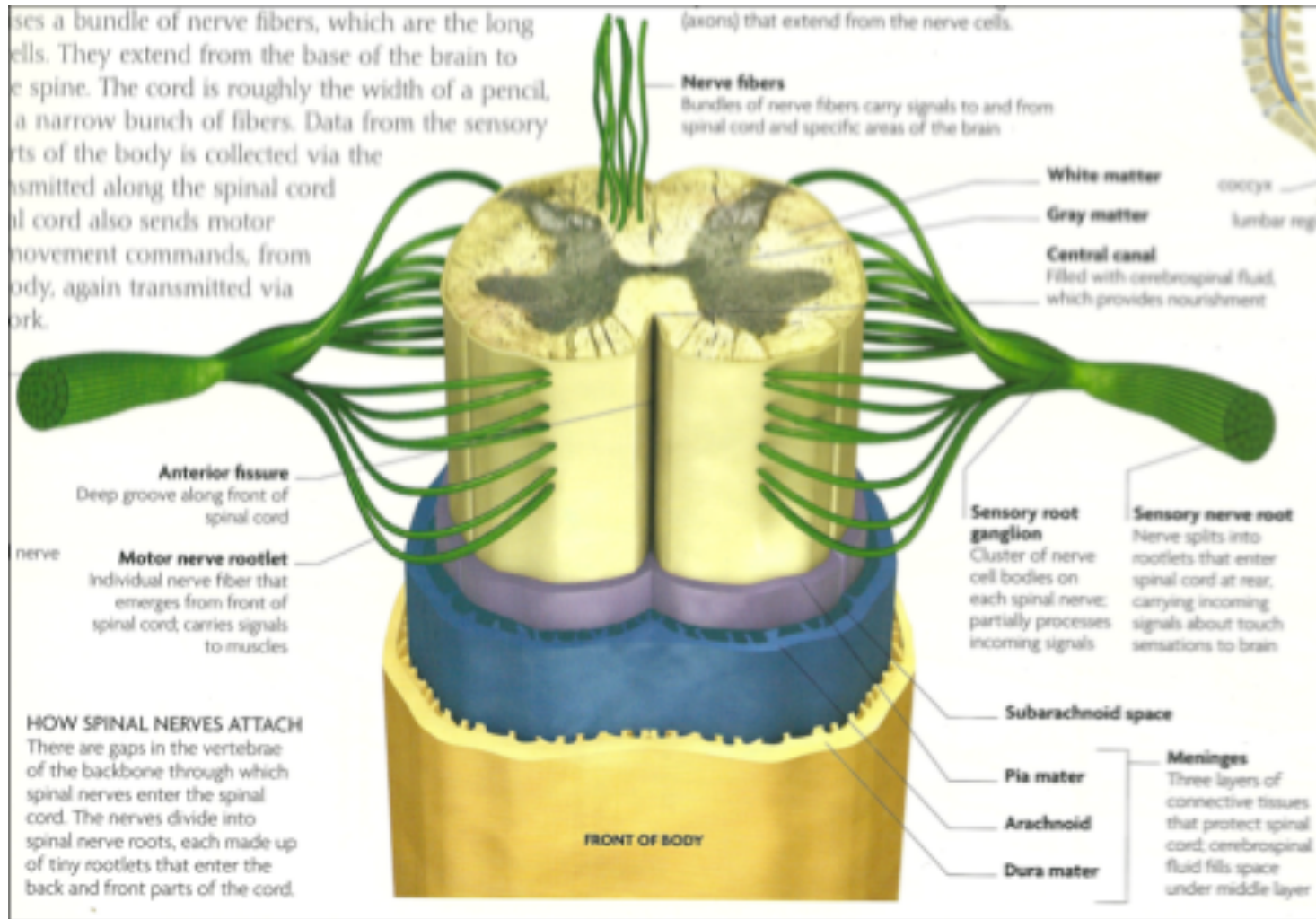
## Conductividad de diferentes tejidos del cuerpo humano, sangre y fluido cerebroespinal



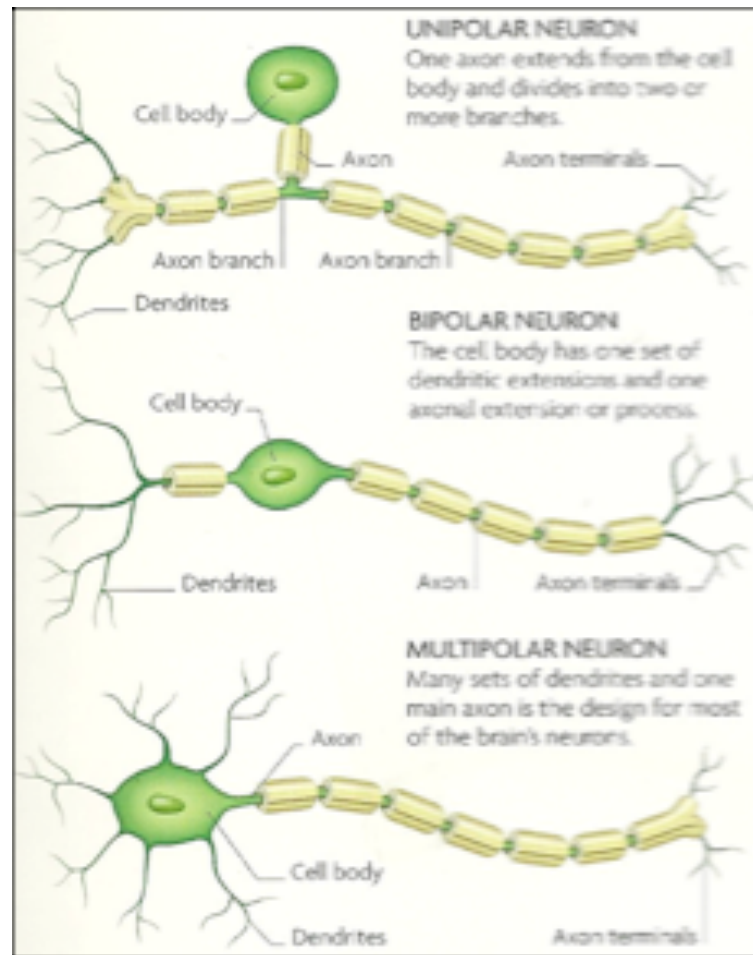
## Conductividad de diferentes tejidos del cuerpo humano, sangre y fluido cerebroespinal



# Materia gris y materia blanca en la médula espinal



## Materia gris y materia blanca en una neurona



## Valores límite de la SAR fijados por las normas regulatorias

Las agencias regulatorias de Europa y EEUU establecieron los siguientes límites para la SAR:

	Límites ICNIRP (W/kg)		
	Promedio en todo el cuerpo	Pico	
		Promedio en 10 g de tejido	
		Cabeza y tronco	Extremidades
Exposición de público general	0.08	2.0	4.0

*ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (international, constituida en Alemania)*

	Límites FCC e IEEE (W/kg)		
	Promedio en todo el cuerpo	Pico	
		Promedio en 1 g de tejido	Promedio en 10 g de tejido
			Manos, muñecas, pies y tobillos
Ambientes no controlados	0.08	1.6	4.0

*FCC: Federal Communications Commission (USA)*

*IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers*

## Valores límite de la SAR fijados por las normas regulatorias

- Una lista de los valores de SAR para teléfonos móviles de diferentes fabricantes puede verse en:
- [www.sarvalues.com](http://www.sarvalues.com)
- El límite de SAR espacial pico en EEUU es más restrictivo que el de Europa, como puede verse en los siguientes ejemplos:

Ejemplo	Cantidad de muestras de 1g	SAR (W/kg)		
		Prom. en 1 g de tejido	Prom. en 10 g de tejido	Máx. en 1 g de tejido
1	10	2,0	2,0	2,0
2	5	0,8	2,0	3,2
	5	3,2		
3	5	0,1	2,0	3,9
	5	3,9		
4	9	0,1	2,0	19,1
	1	19,1		

- En un conjunto de diez muestras de 1 g de tejido, el límite europeo resulta en una SAR pico máxima en 1 g de tejido por lo menos un 25% más alta que la del límite en EEUU ( $2/1.6 = 1.25$ ), y puede ser significativamente mayor como en el caso del ejemplo 4.

## Ejemplos de especificación de la SAR – iPhone 5 para EEUU

FCC 1g SAR Limit 1.6 (W/kg) (1)			
Band	Transmit Frequency	SAR	
		Body	Head
GSM 850	824–849	1.04	0.972
UMTS V 850			
CDMA 800 (BC 0)			
LTE Band 5			
GSM 1900	1850–1910	1.18	1.18
UMTS II 1900			
CDMA 1900 (BC 1)			
LTE Band 2			
BC10	817-823	0.876	0.925
LTE Band 13	777-787	0.645	0.616
LTE Band 17	704-716	0.547	
LTE Band 3 (2)	1710-1785		1.12
LTE Band 4	1710-1755	1.18	1.25
LTE Band 25	1850-1915	1.18	
UMTS 2100 (2)	1920-1980		0.907
2.4 GHz Wi-Fi	2400–2483.5	0.198	0.572
5 GHz Wi-Fi	5150-5250	0.13	0.594
	5250-5350	0.114	0.575
	5500-5700	0.089	0.593
	5725-5850	0.067	0.593

Notes:

(1) FCC OET Bulletin 65, Supplement C (Edition 01-01) & IEEE 1528-2003, & Canada RSS 102, Issue 4, March 2010.

(2) Australia Only

## Ejemplos de especificación de la SAR – iPhone 5 para Europa

EU 10g SAR Limit 2.0 (W/Kg) (3)			
Band	Transmit Frequency	SAR	
		Body	Head
UMTS 850 (4)	824-849	0.625	0.493
BC0	815-849		0.795
EGSM 900	880-915	0.951	0.747
UMTS 900			
GSM 1800	1710-1785	0.824	0.453
LTE Band 3			
UMTS 2100	1920-1980	0.611	0.901
LTE Band 1			
BC6	1921-1938		0.762
2.4 GHz Wi-Fi	2400-2483.5	0.103	0.349
5 GHz Wi-Fi	5150-5350	0.081	0.485
	5500-5700	0.109	0.556

## Ejemplos de especificación de la SAR – iPad 2

		FCC 1 g SAR Limit 1.6 (W/kg)	
Band	Frequency	SAR	
		Model A1396	Model A1395
	824–849	1.18	
	1850–1910	1.19	
Wi-Fi 2.4 GHz	2400–2483.5	1.07	0.99
Wi-Fi 5 GHz	5150–5250	0.79	0.84
	5250–5350	0.82	0.78
	5500–5700	0.68	0.82
	5725–5850	0.62	0.58

		EU 10g SAR Limit 2.0 ( W/kg)	
Band	Frequency	SAR	
		Model A1396	Model A1395
EGSM 900	880.2–914.9	0.84	
GSM 1800	1710–1784.9	0.93	
UMTS Band VIII	880–915	0.98	
UMTS Band I	1922.4–1977.6	0.95	
Wi-Fi 2.4 GHz	2400–2483.5	0.70	0.69
Wi-Fi 5 GHz	5150–5350	0.69	0.79
	5470–5725	0.72	0.95

*Device tested according to FCC OET Bulletin 65, Supplement C (Edition 01-01) and IEEE 1528-2003 and Canada RSS 102.*

*iPad adheres to the European Council Recommendation of 12 July 1999 on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields [1999/519/EC].*

## Medición de la SAR

- El proceso de medición consiste en el uso de un sistema de barrido para medir la distribución del campo eléctrico interno en un maniquí hueco de plexiglás.
- Típicamente la cabeza, el torso superior, la zona pélvica, los brazos y las piernas son removibles, y cada sección puede ser rellena por separado con un líquido cuya absorción de radiación es igual al promedio de la de los tejidos del cuerpo en la parte correspondiente del maniquí.
- Ese líquido es una mezcla de agua, azúcar y sal.
- Un robot de 6 ejes es necesario para no superar los límites de error de medición estipulados en las normas.
- El teléfono móvil es colocado tanto en la parte derecha como en la izquierda de la cabeza en forma tal que toque el oído y esté inclinado  $15^\circ$  apartándose de la mejilla
- Otra medición se hace simulando que el teléfono está en un holster en la cadera, a una distancia de separación especificada. El proceso de medición puede verse en los siguientes videos:
- [http://www.youtube.com/watch?v=s\\_sjmYtKt\\_E](http://www.youtube.com/watch?v=s_sjmYtKt_E)
- <http://www.microwavevision.com/content/videos>

## Medición de la SAR

- Para las mediciones también se puede usar, en lugar del maniquí, un modelo plano como el de la siguiente figura:



## Los problemas con la SAR y sus normas de medición

- Los límites y las normas de medición de la SAR están basadas en un hombre corpulento de 1.88 m de altura y 90 kg de peso, (SAM, Standard Anthropomorphic Man).
- **No todos los seres humanos son como SAM**, hay versiones de humanos más grandes, más chicas, más fuertes, más débiles, más jóvenes y de mayor edad, mujeres, y mujeres embarazadas.
- La energía que va al cerebro por exposición a la radiación depende del tamaño de la cabeza, del espesor y la absorción de energía por la oreja y los huesos del cráneo, las características específicas de absorción de radiación de los diferentes tejidos cerebrales, etc., los cuales no son los mismos para todos los humanos.
- **El cerebro humano tiene varios tipos de tejido diferentes que no pueden ser modelados por un líquido con absorción igual a la absorción promedio de la cabeza de SAM.** Hay células resistentes y células susceptibles en diferentes grados a la radiación de RF.
- **No se trata sólo de cuánta absorción se produce en una célula, sino también de cómo una determinada cantidad de radiación afecta a cada tipo de célula.**
- **Se trata de tejidos vivos que forman parte de órganos complejos de seres vivientes,** cuya reacción o no reacción a la radiación no puede ser modelada por una mezcla de materia muerta compuesta por agua, azúcar y sal.

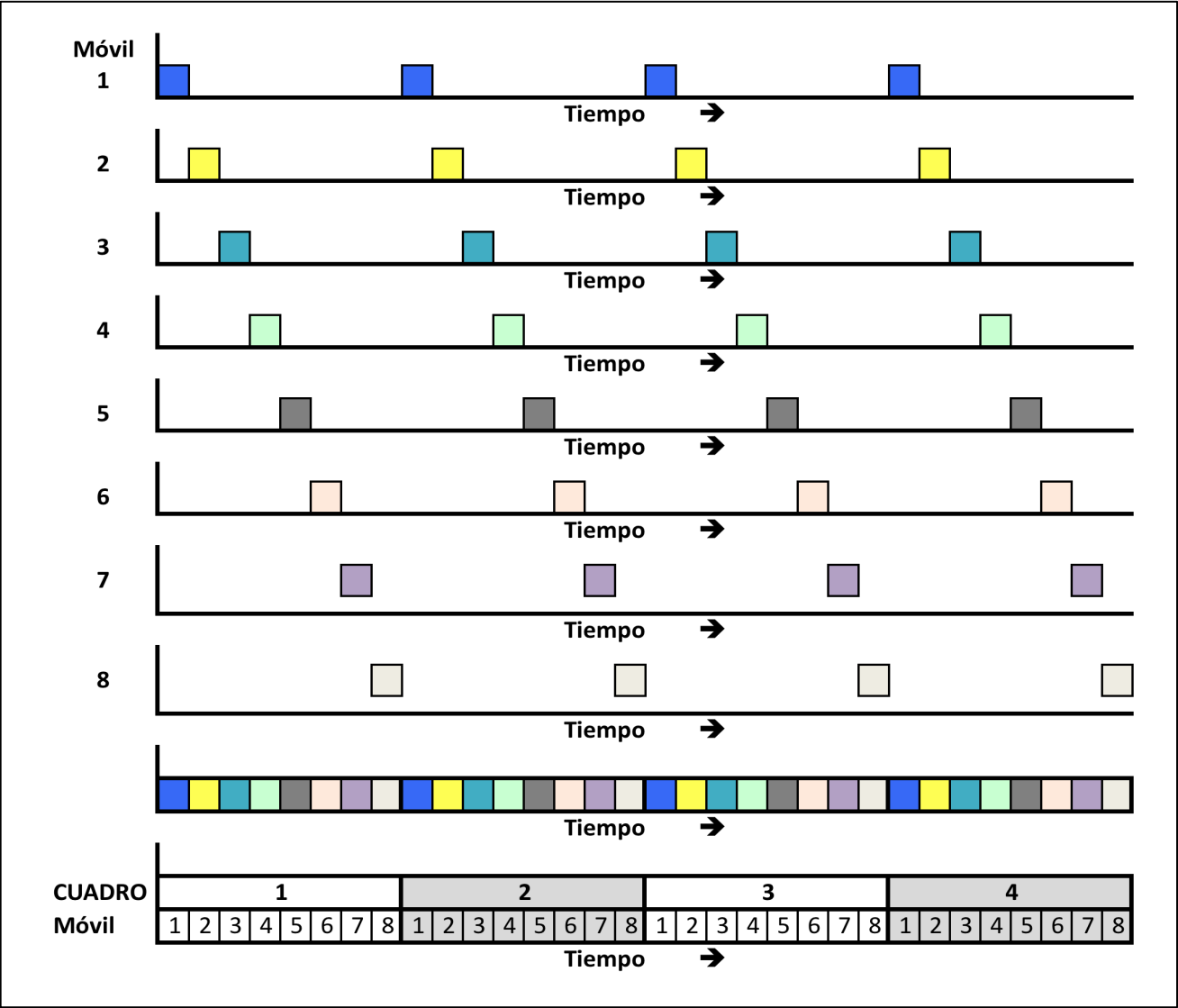
## Los problemas con la SAR y sus normas de medición

- Los efectos biológicos no pueden ser observados midiendo en esencia el aumento de temperatura del líquido empleado para medir la SAR.
- A pesar de ello, las normas vigentes en EEUU y Europa son las mencionadas. La mayoría del resto de los países adopta alguna de esas dos normas, en algunos casos con modificaciones menores. Una gran cantidad de países no tiene ninguna norma.
- Pocos países regulan el límite de exposición por la radiación total producida por todas las fuentes de radiación.
- En prácticamente ningún país se hace un control adecuado de las normas vigentes, y en muchos no se hace ningún control.
- Los límites de radiación deberían proteger a todos los usuarios porque los teléfonos se venden sin advertencias especiales para los distintos tipos de usuario.
- El límite para las radiaciones debería ser entendible por la gente común, y las mediciones para controlar su cumplimiento deberían ser simples y tener un costo razonable para poder ser realizadas por los reguladores de las telecomunicaciones, operadores de servicios, agencias de protección de los consumidores, y grupos de consumidores cada vez que lo consideren necesario.

## Los problemas con la SAR y sus normas de medición

- Las mediciones de la SAR se hacen con una señal continua. Sin embargo, la radiación emitida por los teléfonos móviles no es continua sino pulsante:
  - Hay un protocolo para establecer la llamada, para mantenerla mientras el usuario se mueve durante la comunicación, y para terminarla.
  - Una vez establecida la llamada, la señal es pulsada según las técnicas de comunicación empleadas. Por ejemplo en la multiplexación por división del tiempo (TDMA) usada en GSM, los móviles que acceden a una base no transmiten todos al mismo tiempo, sino que cada uno transmite en una ventana de tiempo que le es asignada al establecerse la comunicación.
- Varios estudios sugieren que esta naturaleza pulsante de los campos electromagnéticos es muy perturbadora para la biología humana, y puede ser una de las principales causas de los efectos adversos de las radiaciones de los móviles sobre la salud.

# Los problemas con la SAR y sus normas de medición



Transmisión  
pulsada móvil-base

(multiplexación por  
división del tiempo)

## Los problemas con la SAR y sus normas de medición

- Los efectos de la radiación de RF sobre la salud son algo muy complejo e involucran áreas de la medicina, biología, tecnología, ingeniería, etc. La forma más razonable de establecer límites seguros y establecer normas para controlar su cumplimiento es que especialistas en biología, medicina y ciencias afines fijen el límite de exposición permisible y que ingenieros y expertos en tecnología, en base a esos límites de exposición, fijen los límites de potencia y las características de las señales transmitidas, acordes a lo posible con la tecnología disponible.
- El límite debería fijarse teniendo en cuenta los efectos biológicos para el tipo de usuario más susceptible, ya que los móviles se comercializan sin advertencias sobre su uso por distintos tipos de usuarios.
- Es necesario evitar y prevenir el sesgo por el patrocinio en los estudios (sponsorship bias) en las investigaciones y estudios sobre estos temas, porque *“si se desea predecir el resultado de un estudio, sólo es necesario ver quién lo patrocina”*.
- Los grupos de investigación y estudio, las organizaciones que trabajen en estos temas, y las agencias reguladoras que establezcan los límites y controlen su cumplimiento deben ser todos independientes, no grupos u organizaciones patrocinados por la industria de telecomunicaciones, ni agencias reguladoras financiadas por tasas y aranceles pagados por la industria de telecomunicaciones (como lo son la FCC y los reguladores en muchos países).

## Los problemas con la SAR y sus normas de medición

Financiamiento de los estudios	Encontraron efectos		No encontraron efectos		Total	
	N	%	N	%	N	%
Industria	27	32%	57	68%	84	38%
Independiente	96	70%	41	30%	137	62%
<b>Total</b>	123	56%	98	44%	221	100%

### Fuente:

Compilado por el Dr. Martin Lai, University of Washington, USA  
 Presentado por el Dr. Martin Blank, Univ. of Columbia, USA, en el video  
 Electromagnetic fields and health risk

<https://www.youtube.com/watch?v=6qwMiA7cCkU> (9.16 min)

*Influencia de la fuente de financiación en el min. 3.00*

### Libro:

*"Doubt is Their Product: How Industry's Assault on Science Threatens Your Health"*, por David Michaels

[http://www.amazon.com/Doubt-Their-Product-Industrys-Threatens/dp/019530067X/ref=sr\\_1\\_1?ie=UTF8&qid=1377043732&sr=8-1&keywords=doubt+is+their+product](http://www.amazon.com/Doubt-Their-Product-Industrys-Threatens/dp/019530067X/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1377043732&sr=8-1&keywords=doubt+is+their+product)

## Probables efectos de la radiación de RF en la salud de los humanos

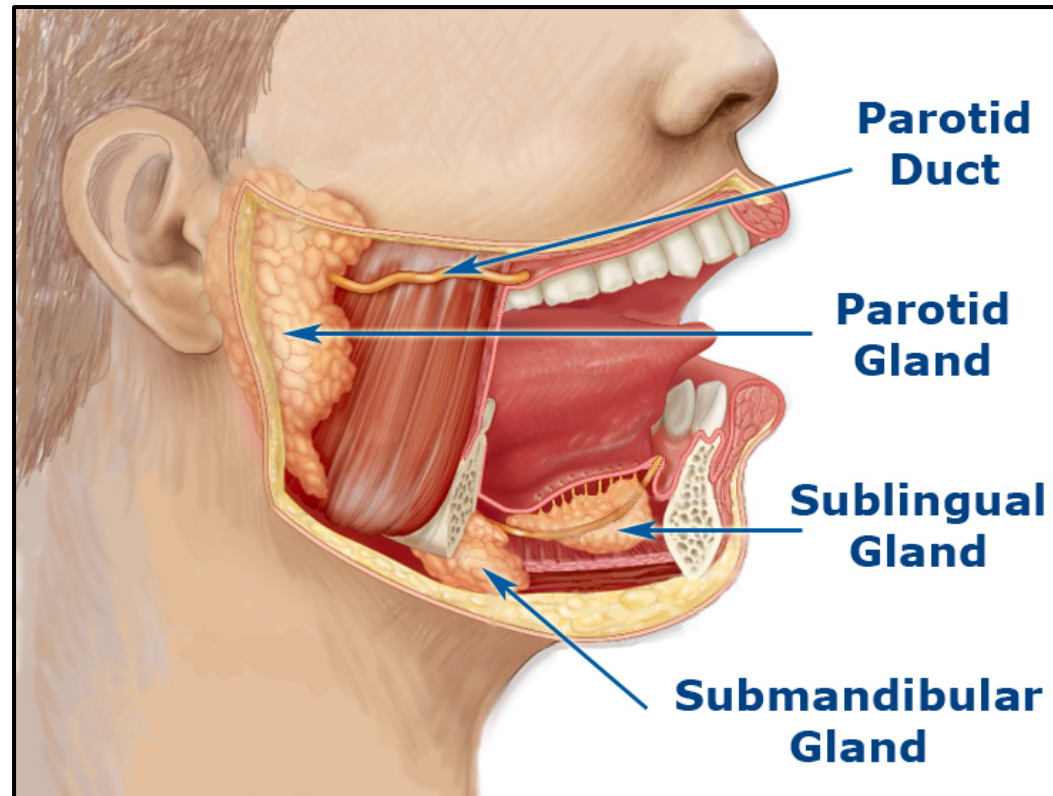
- **Efectos térmicos:** resultan del calentamiento por la oscilación de partículas cargadas eléctricamente producida por los campos electromagnéticos. En el caso de las radiaciones objeto de este trabajo, el incremento de temperatura es pequeño. La energía necesaria para aumentar la temperatura en poco tiempo es más alta, como en el caso de los hornos de microondas, pero ya vimos que sin embargo la energía no es poca si se la compara con cantidades equivalentes de energía mecánica. **El error es considerar los efectos térmicos para fijar los límites de exposición, cuando lo importante son los efectos biológicos de las radiaciones sobre tejidos, órganos y seres vivos.**
- **Efectos biológicos:** **las células del cuerpo humano detectan de alguna forma las radiaciones, pero como estas no existen en la naturaleza, las células no tienen en su ADN las respuestas adecuadas.** Está comprobado por ejemplo que con solo unos minutos de exposición las células generan las llamadas proteínas de stress, que usan para comunicar perturbaciones o agresiones. Eventualmente y en determinadas condiciones, los efectos biológicos pueden devenir en daño a la salud. *Los efectos biológicos dependen:*
  - *de la potencia de la exposición*
  - *de su duración*
  - *del total acumulado de exposición a lo largo del tiempo*
  - *de las características de la pulsación de la radiación*
  - *todo esto, para el total de radiaciones producidas por todas las fuentes a las que estamos expuestos*
  - *de las condiciones particulares de la persona expuesta tales como edad, sexo, tamaño, condición física, resiliencia, etc.*

## Probables efectos de la radiación de RF en la salud de los humanos

### Cáncer

- En mayo de 2011 la IARC (*International Agency for Research on Cancer*), que es parte de la Organización Mundial para la Salud (*WHO*), clasificó a los **campos electromagnéticos de radiofrecuencia** como **carcinogénicos para los seres humanos** (Grupo 2B). La IARC y a WHO dijeron también que no se encontró evidencia de un **vínculo causal** entre el uso de teléfonos celulares y el cáncer, y que la evidencia analizada sobre un incremento en el riesgo de un tipo de cáncer del cerebro denominado glioma, fue calificada como “limitada”.
- La evidencia analizada sobre otros tipos de cáncer (parótida y nervio acústico) fue calificada como “inadecuada”. Algunos miembros del Grupo de Trabajo se opusieron a las conclusiones y consideraron que la evidencia en casos de cáncer en humanos era aún “inadecuada”, citando inconsistencias entre los estudios evaluados.
- Sin embargo, en análisis recientes no considerados en la evaluación realizada por la IARC se encontró que el riesgo de desarrollar un tumor en el cerebro es significativamente más elevado para las personas que usaron teléfonos móviles por una década o más, con **un incremento significativo en el riesgo de gliomas en la categoría de usuarios intensivos** (más de 2,000 horas de uso acumulado, equivalente a un uso promedio de aproximadamente 30 minutos por día en un período de 10 años). Muchos usuarios acumulan más de 2,000 horas de uso en menos de 10 años.

## Probables efectos de la radiación de RF en la salud de los humanos



## Probables efectos de la radiación de RF en la salud de los humanos

- En el siguiente video de la serie panorama de la BBC se puede ver, a partir del minuto 3.30 una entrevista al Dr. Mike Repacholi, quien trabajando para la WHO fue instrumental para que el estudio Interphone, en el que la WHO basó su clasificación de la radiación de RF como carcinogénica, demorara casi 10 años en producir y publicar sus resultados, y para que esos resultados no reconocieran un vínculo causal entre el uso de celulares y el cáncer.
- <http://www.youtube.com/watch?v=82ljhWwnBs>
- La WHO dijo que la evidencia disponible no justificaba una relación **causal** entre la radiación de RF y el cáncer en los seres humanos. Pero lo que no dijo fue que la información disponible **tampoco garantizaba la inexistencia** de un vínculo causal.
- *Estas declaraciones no están en lenguaje científico sino en jerga política, y hacen que mucha gente crea que lo que dijo fue que la radiación de RF NO produce cáncer sin tener que decir esto, aprovechando el peso de su nombre, lo que la gente imagina y supone que es la WHO, y la falta de conciencia de lo que tales sutilezas del lenguaje significan realmente y de cuál podría ser el propósito de su uso. Pude comprobar esto cuando algunos neurólogos a los que consulté me dijeron que "la OMS dijo que la radiación de radiofrecuencia no produce cáncer."*
- Otros estudios mostraron que la radiación de RF puede estar vinculada con otros tipos de cáncer en mismo lado de la cabeza en el que los usuarios colocan su teléfono móvil para las llamadas de voz, tales como cáncer en el nervio acústico y en la glándula salival parótida.

## Probables efectos de la radiación de RF en la salud de los humanos

- También se ha demostrado que esa radiación probablemente está vinculada con algunos tipos de cáncer en zonas del cuerpo cercanas a donde los usuarios llevan sus teléfonos encendidos cuando no están en uso, tales como el cáncer de mama en mujeres que llevaban su teléfono móvil en su corpiño, y en los testículos en hombres que guardaban su celular en un bolsillo del pantalón o en un holster en su cadera.
- *El cáncer tiene un largo período de latencia y no se puede detectar hasta varios años después de ocurrir las interacciones que condujeron al tumor, y ese período puede llegar a ser de 10, 20 o 40 años.* Por ejemplo, entre los sobrevivientes de Hiroshima no se notó un incremento notable de casos de cáncer, comparado con poblaciones similares no expuestas a la radiación atómica, hasta 40 años después de la explosión.
- Como en la mayoría de los países los teléfonos móviles comenzaron a ser usados masivamente recién en la segunda mitad de la década 1990-2000, *los estudios sobre los efectos en la salud pueden hoy mostrar sólo los tipos de cáncer que se hacen evidentes en tiempos de hasta unos 15 años.*
- *En realidad, los científicos dicen que es particularmente notable y preocupante que luego de sólo 10 años de uso intensivo del celular se manifieste un incremento significativo del riesgo de cáncer.*
- Desde la época en la que se hicieron esos estudios, el patrón de uso de los móviles ha cambiado mucho, incrementándose el uso promedio por usuario por la baja en el costo de los dispositivos y del servicio, y por la mayor penetración y consiguiente utilidad de los servicios para múltiples aplicaciones personales, laborales, de negocios, etc.

## Estudios epidemiológicos “caso-control”

- En los estudios “caso - control” se selecciona a las personas a estudiar en base a su estado de **enfermo** o **no enfermo**.
- Un grupo de personas que contrajeron la enfermedad bajo estudio (el grupo “casos”) es comparado con un grupo que no la contrajo (el grupo “controles”), que idealmente debe provenir de la misma población que la del grupo “casos”, analizando la **exposición en el pasado y durante un determinado período de tiempo al un factor cuya posible vinculación con la enfermedad se quiere determinar**.
- Se hace una tabla 2 x 2 mostrando:
  - casos expuestos (A)
  - controles expuestos (B)
  - casos no expuestos (C)
  - controles no expuestos (D)

	Casos	Controles
Expuestos	A	B
No expuestos	C	D

## Estudios epidemiológicos “caso-control”

- La tasa (expuesto/no expuesto) al factor en estudio para los que contrajeron la enfermedad es A/C, y B/D para los que no la contrajeron.

### Cociente de tasas (*odds ratio OR*)

- Es la medida estadística de la asociación entre la exposición al factor y la enfermedad

$$OR = (A/C) / (B/D) = (AD/BC)$$

- La **OR** es la probabilidad de haber estado expuesto al factor entre los que enfermaron dividida por la probabilidad de haber estado expuesto al factor entre los que no enfermaron. La interpretación es: *“Para los que estuvieron expuestos, la probabilidad de contraer la enfermedad fue OR veces mayor que la probabilidad de contraer la enfermedad para los que no estuvieron expuestos”*
- *Por ejemplo: “Para los que fueron usuarios intensivos de teléfonos celulares con un total acumulado de 2,000 horas de uso con el teléfono apoyado contra un oído en las llamadas de voz, la probabilidad de contraer un cáncer de cerebro denominado glioma es OR veces mayor que la probabilidad de contraer la misma enfermedad para los que no fueron usuarios intensivos de celular”.*

### Intervalo de confianza (*Confidence interval CI*)

- Indica la confiabilidad del valor estimado para la OR. En forma simplificada, indica el intervalo en el que se encontraría la OR, con una probabilidad típicamente del 90% o 95%, en caso de que el experimento o estudio fuera repetido una cantidad de veces. *“Si el experimento se repitiera X veces, en el 95% de los experimentos la OR estará dentro del CI”.*

## Estudio del Dr. Lennart Hardell

### Lennart Hardell

MD, PhD, Professor

Department of Oncology, University Hospital

Örebro, Sweden

- Estudio del Dr. Hardell sobre la relación entre el uso de teléfonos celulares analógicos y digitales y teléfonos inalámbricos y varios tipos de cáncer. Resumen de los resultados para un tipo de cáncer del cerebro denominado Astrocynoma.
- **Glioma** es un tipo de cáncer en el cerebro o en la médula espinal (sistema nervioso central). Se produce en células gliales y ocurre más frecuentemente en el cerebro. Los gliomas son aproximadamente el 30% de todos los tumores en sistema nervioso central, y 80% de todos los tumores malignos.
- Los **astrocynomas** son el tipo más común de glioma y ocurren en muchas partes del cerebro y ocasionalmente en la médula espinal
- En base fundamentalmente a la exposición del Dr. Hardell sobre el vínculo entre el uso intensivo de teléfonos celulares e inalámbricos y el cáncer, la Corte Suprema de Justicia de Italia falló a favor de un demandante que contrajo cáncer luego de haber sido usuario intensivo del servicio durante varios años, en contra del operador del servicio.

## Estudio del Dr. Lennart Hardell

### Hours of use (1-1000, 1001-2000, > 2000 h), malignant

	Analogue			Digital		
	Ca/Co	OR	CI	Ca/Co	OR	CI
1-1000 h	147/281	1.3	1.0002-1.7	355/731	1.3	1.03-1.6
1001-2000 h	10/8	3.0	1.1-7.7	26/33	1.8	1.02-3.1
>2000 h	21/8	5.9	2.5-14	21/12	3.7	1.7-7.7

	Cordless			Total, any combination		
	Ca/Co	OR	CI	Ca/Co	OR	CI
1-1000 h	265/599	1.2	0.9-1.4	433/983	1.2	0.98-1.4
1001-2000 h	42/52	2.3	1.5-3.5	65/104	1.6	1.1-2.2
>2000 h	43/50	2.3	1.5-3.6	85/85	2.4	1.7-3.4

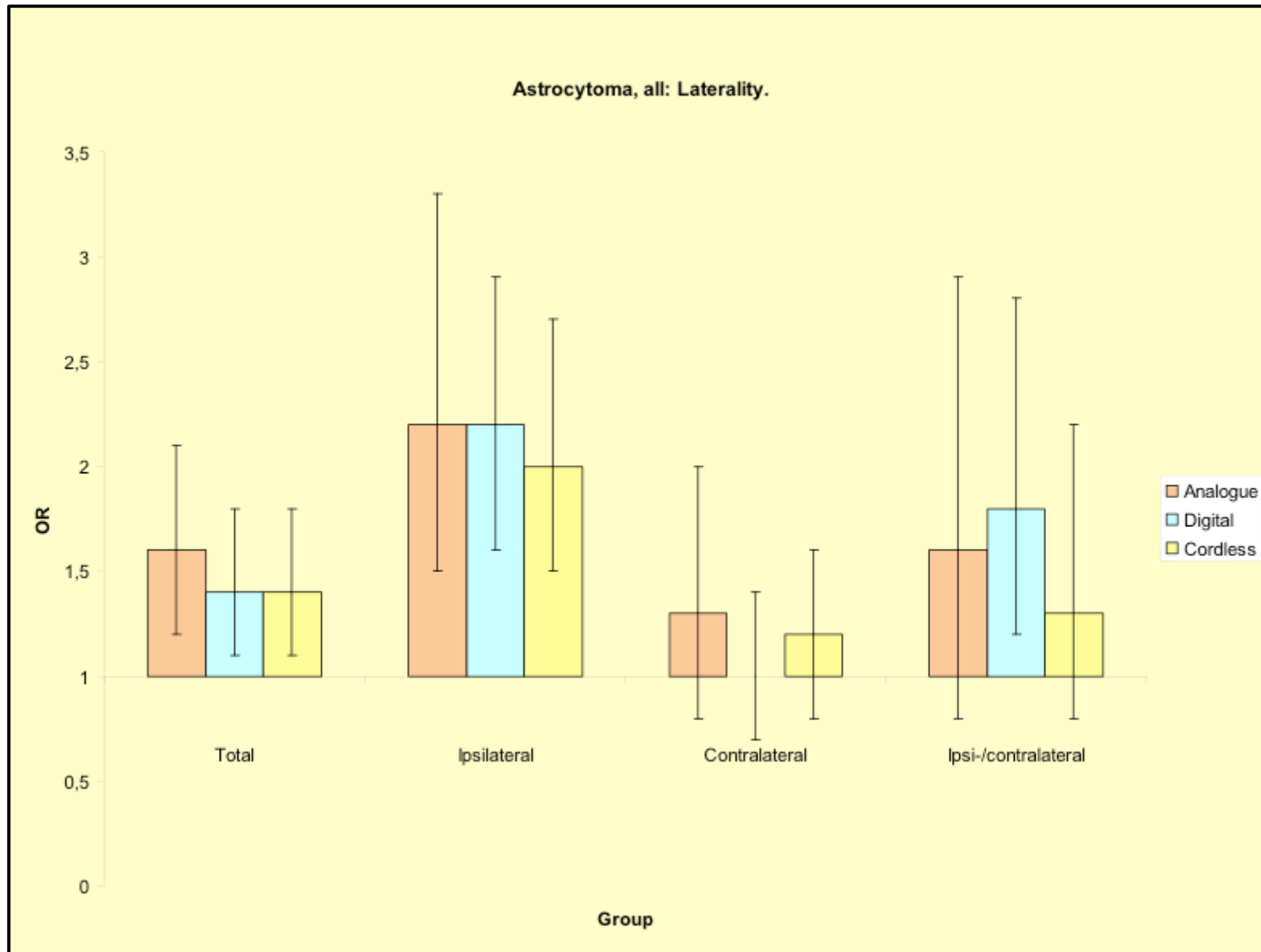
## Estudio del Dr. Lennart Hardell

### Hours of use (1-1000, 1001-2000, > 2000 h), astrocytoma, all

	Analogue			Digital		
	Ca/Co	OR	CI	Ca/Co	OR	CI
1-1000 h	109/281	1.4	1.04 -1.9	262/731	1.4	1.1 -1.8
1001-2000 h	10/8	4.1	1.6- 11	21/33	2.1	1.1 -3.7
>2000 h	15/8	5.8	2.3-14	17/12	4.3	2.0-9.5

	Cordless			Total, any combination		
	Ca/Co	OR	CI	Ca/Co	OR	CI
1-1000 h	194/599	1.2	0.97-1.6	307/983	1.2	0.98-1.5
1001-2000 h	34/52	2.7	1.7-4.4	54/104	1.8	1.3-2.7
>2000 h	33/50	2.6	1.6-4.2	68/85	2.8	1.9-4.1

## Estudio del Dr. Lennart Hardell



## Estudio del Dr. Lennart Hardell

### Age groups (age at first exposure), malignant

	> 1 year latency		
	Ca/Co	OR	CI
Analogue phone			
<b>All ages</b>	178/297	1.5	1.1-1.9
<20	4/6	1.3	0.3-4.9
-20-49	131/214	1.4	1.1-1.9
-50-80	43/77	1.6	1.02-2.4
Digital phone			
<b>All ages</b>	402/776	1.3	1.1-1.6
<20	16/9	3.7	1.5-9.1
-20-49	229/445	1.3	0.99-1.6
-50-80	157/322	1.3	1.02-1.7
Cordless phone			
<b>All ages</b>	350/701	1.3	1.1-1.6
<20	17/16	2.1	0.97-4.6
-20-49	200/416	1.2	0.9-1.5
-50-80	133/269	1.5	1.1-1.9

## Bioinitiative Report 2012

### Bioinitiative.org

<http://www.bioinitiative.org>

**Report 2012** (1,479 p). Reporte original publicado en 2007, actualización en 2012.

<http://www.bioinitiative.org/report/wp-content/uploads/pdfs/BioInitiativeReport2012.pdf>

- Preparado por 29 autores de 10 países
  - 10 MDs
  - 21 PhDs
  - 3 MSc, MA o MPh
  - entre ellos, 3 ex-presidentes y 5 miembros de la *Bioelectromagnetics Society*
- Hecho en forma independiente de gobiernos, la industria, y organizaciones y sociedades profesionales apegadas a los antiguos standards.
- Análisis y evaluación basados en evidencia del conocimiento científico, las políticas de salud pública, y la respuesta global al problema planteado por la creciente exposición crónica a campos electromagnéticos.
- Es el reporte más exhaustivo, comprehensivo y mejor documentado en su tipo, independiente, y preparado por reconocidos científicos de múltiples áreas.
- Cubre las radiaciones por
  - ELF-EMF: campos electromagnéticos de baja frecuencia para la transmisión/transformación de energía eléctrica y ciertas aplicaciones industriales
  - RF-EMF: campos electromagnéticos de radiofrecuencia

## Bioinitiative Report 2012

**Video con entrevista a la Dra. Cindy Sage sobre el *BioInitiative Report 2007* (38.13 min)**

<http://www.youtube.com/watch?v=7tZDor-co0>

**Presentación de la Dra. Cindy Sage sobre el *BioInitiative Report 2007* P1 (9.23 min) y P2 (8.55 min)**

<http://www.youtube.com/watch?v=W-kXtrcDgig>

<http://www.youtube.com/watch?v=ifq-ICIOHhY>

### RESUMEN

- 1,800 estudios publicados entre 2007 y 2012 reportaron efectos con niveles de exposición cientos o miles de veces inferiores que los permitidos bajo las normas de seguridad vigentes en la mayoría de los países.
- Ningún gobierno implementó reformas comprehensivas, solo algunas acciones parciales.
- Grandes presiones de publicidad y marketing que instan a la población mundial a adoptar los últimos dispositivos inalámbricos en su vida diaria.
- Esto ocurre aún cuando la mayoría de la gente no tiene una comprensión elemental de las posibles consecuencias para la salud.

## Bioinitiative Report 2012

- La radiación es invisible, los instrumentos de medición son costosos y difíciles de operar para la gente común, la industria propone nuevos dispositivos y genera publicidad masiva y campañas de *lobbying* para silenciar el debate, y las alternativas confiables para la salud (como teléfonos fijos y medidores de energía eléctrica convencionales) están siendo relegadas y hasta discontinuadas.
- No se hace un etiquetado adecuado para elecciones informadas. En realidad en algunos casos no se cuenta ni siquiera con la opción de mantener alternativas seguras como en el caso de implementación sin consulta de sistemas “smart metering”.
- Las tecnologías son implementadas para maximizar la eficiencia técnica y la conveniencia de los servicios y dispositivos, no con los posibles efectos biológicos en mente.
- *Prácticamente ya no existe población no expuesta, lo cual hace más difícil ver el incremento de riesgo por la exposición en los estudios epidemiológicos.*
- Los *intereses creados* tienen una influencia sustancial en el debate sobre la salud.
- *El claro consenso de los miembros del Grupo de Trabajo de Bioinitiative es que los límites vigentes para los niveles seguros de exposición son inadecuados tanto para ELF como para RF.*
- Los límites actuales están basados en la suposición de que el calentamiento de los tejidos (para RF), o las corrientes inducidas en el cuerpo (para ELF) son las únicas preocupaciones cuando organismos vivos están expuestos.

## Bioinitiative Report 2012

### Problemas con las normas vigentes sobre límites seguros de exposición

- En el pasado, científicos e ingenieros desarrollaron normas basadas en que la forma de determinar cuánta exposición a energía no ionizante puede tolerar el ser humano sin daño para su salud es **medir solo el calentamiento** de los tejidos expuestos.
- En las últimas décadas se comprobó más allá de cualquier duda razonable que pueden ocurrir efectos biológicos y efectos adversos para la salud como niveles de exposición de ELF y RF para los cuales no se produce ningún calentamiento. Se demostró que algunos efectos pueden ocurrir con niveles para los cuales no hay calentamiento, cientos de miles de veces inferiores a los límites vigentes.
- *En lugar del calentamiento, parece ser que es la información transmitida por la radiación electromagnética lo que causa efectos biológicos, algunos de los cuales pueden conducir a pérdida de bienestar, enfermedades y hasta la muerte.*
- Para muchos dispositivos y tecnologías inalámbricos no hay normas regulatorias.
- Las normas regulatorias existentes han probado ser inadecuadas para controlar el daño por la **exposición crónica**. Esto significa que se requiere una nueva base para las normas de exposición, fundamentada en bases biológicas.
- Esto es vital porque la explosión de nuevas fuentes de radiación ha creado niveles de campos electromagnéticos artificiales sin precedente, que cubren casi todo el espacio habitable en el planeta.

## Bioinitiative Report 2012

### EFECTOS BIOLÓGICOS Y SOBRE LA SALUD

#### CÁNCER

- **Tumor en el cerebro, y neuroma acústico.** Las radiaciones de los teléfonos móviles y de los inalámbricos ha sido vinculada en más de una docena de estudios con un incremento en el riesgo de cáncer del cerebro y/o neuroma acústico. Las personas que usaron teléfonos móviles durante 10 años o más tienen un riesgo:
  - **Para cáncer en el cerebro:**
    - ✓ 20% mayor cuando el **celular** se usó en **ambos** lados de la cabeza
    - ✓ 200% mayor cuando el **celular** se usó en **un solo** lado de la cabeza
    - ✓ 220% mayor (glioma maligno de alto grado) cuando se usó un **teléfono inalámbrico** en **ambos** lados de la cabeza
    - ✓ 470% mayor (glioma maligno de alto grado) cuando se usó un teléfono **inalámbrico** en **un solo** lado de la cabeza
  - **Para neuroma acústico:**
    - ✓ 30% mayor cuando el **celular** se usó en **ambos lados** de la cabeza
    - ✓ 240% mayor cuando el **celular** se usó en **un solo** lado de la cabeza
    - ✓ 310% mayor cuando se usó un **teléfono inalámbrico** en **un solo** lado de la cabeza

***TODO ESTO A PESAR DE QUE SE CUMPLEN LOS LÍMITES VIGENTES DE EXPOSICIÓN***

## Bioinitiative Report 2012

### CAMBIOS EN LAS FUNCIONES CEREBRALES Y DEL SISTEMA NERVIOSO

- Las personas con epilepsia pueden ser más susceptibles a la exposición a radiación de RF.
- La exposición a RF “de bajo nivel” puede ser un factor de stress, similar a acción de algunas drogas psicoactivas.
- La exposición a la radiación de los celulares puede cambiar la actividad de las ondas cerebrales a niveles de SAR de 0.1 W/kg.
- Puede afectar la memoria y el aprendizaje
- Los factores que determinan los efectos pueden depender del tamaño y la forma de la cabeza, la ubicación, tamaño y forma de las estructuras del cerebro, la hidratación de los tejidos, la constante dieléctrica de los tejidos, la edad y condición física, etc.
- Personas con exposición crónica a radiación de RF reportan síntomas tales como problemas con el sueño (insomnio), fatiga, dolor de cabeza, mareos, pérdida de concentración, problemas de memoria, zumbido en los oídos, problemas de equilibrio y orientación, y dificultad para tareas simultáneas.
- Aunque los estudios científicos aún no han podido confirmar una relación causa-efecto, estas quejas son comunes y la causa de significativa preocupación pública en países tales como Suecia, Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Suiza, Austria, Grecia, Israel.
- **Los efectos a largo plazo son simplemente desconocidos todavía.**

## Biointiative Report 2012

### EFFECTOS EN LOS GENES (ADN)

- El riesgo de cáncer está asociado con el daño al ADN. Si se daña el ADN hay riesgo de que las células dañadas no mueran y continúen reproduciéndose con el ADN dañado, lo que es una condición necesaria previa para el cáncer.
- Una reducción en la reparación de ADN dañado juega también un rol importante. Cuando la tasa de daño al ADN supera a la tasa a la cual el ADN puede ser reparado, existe la posibilidad de retención de mutaciones y del inicio de cáncer.
- Existen múltiples formas en las que radiación “de baja energía” puede causar daño. El cambio de delicados procesos biológicos como el balance hormonal puede destruir células y ser causa de enfermedades. Muchas enfermedades crónicas están directamente relacionadas con este tipo de daño que no requiere calentamiento. La interferencia en la comunicación entre células puede causar cáncer directamente, o promover el crecimiento más rápido de un cáncer ya existente.
- *Las exposiciones a radiaciones de RF pueden considerarse genotóxicas (dañan el ADN) bajo ciertas condiciones de exposición, incluyendo niveles inferiores a los límites vigentes de seguridad.*

## Bioinitiative Report 2012

### EFFECTOS EN LAS PROTEÍNAS DE STRESS

- En casi todos los organismos vivos (plantas, animales, bacterias) existe un mecanismo de protección iniciado por las células cuando están bajo ataque por toxinas u otras condiciones ambientales mediante la producción de proteínas de stress.
- Esas condiciones ambientales adversas pueden ser alta temperatura, falta de oxígeno, envenenamiento por metales pesados, o stress oxidativo (causa de envejecimiento prematuro). *A esta lista se deben agregar las radiaciones de RF y ELF.*
- Las células reconocen a esta radiación como dañina, a niveles muy por debajo de los límites de exposición vigentes.
- Si este stress se prolonga en el tiempo, se produce una reducción en la respuesta de las células, y las eventuales acciones de protección se reducen. Por esta razón, *la exposición crónica puede ser muy dañina, aún a bajas intensidades.*
- *La SAR no es una medida apropiada del umbral o dosis tolerable biológicamente.*

## Bioinitiative Report 2012

### EFFECTOS EN EL SISTEMA INMUNOLÓGICO

- El sistema inmunológico es otra defensa que tenemos contra organismos invasores (virus, bacterias y otras moléculas extrañas) que nos protege contra infecciones y enfermedades.
- Existe evidencia sustancial de que las radiaciones de RF Y ELF a niveles menores que los actualmente permitidos pueden causar reacciones inflamatorias, reacciones alérgicas, y cambiar la función inmunológica.
- El sistema inmunológico del cuerpo detecta peligro por estas radiaciones, e inicia una respuesta de defensa, en forma similar a la reacción mediante la producción de proteínas de stress.
- [También en este caso la exposición crónica puede ser dañina para la salud.](#) La respuesta inflamatoria crónica puede producir daños en células, tejidos y órganos. Varias enfermedades crónicas están relacionadas con problemas de la función inmunológica.

## Bioinitiative Report 2012

### LÍMITE PRECAUTORIO PROPUESTO

- La evidencia científica indica que el límite para la exposición debería estar sustancialmente por debajo de las normas actuales de la ICNIRP y la FCC.
- Los efectos biológicos, los efectos adversos para la salud, y los mecanismos biológicos involucrados no se conocen aún lo suficiente como para recomendar un límite seguro, y se requieren más investigaciones y estudios.
- Se propone un límite precautorio de  $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para la densidad de potencia, equivalente a  $0.614 \text{ V}/\text{m}$  para la intensidad de campo eléctrico, para radiaciones pulsadas totales acumuladas para todas las fuentes de RF presentes, en ambientes externos.

$$E^2 / 120 \pi = P_D = P / 4 \pi r^2$$

**E** = intensidad del campo eléctrico (V/m)

**P** = potencia (W)

**P<sub>D</sub>** = densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>)

**r** = distancia hasta la fuente isotrópica (celular)

- **Otro reporte recomendado**

Cell Phone Radiation Science Review on Cancer Risks and Children's Health

<http://static.ewg.org/reports/2012/cellphones/2009-cellphoneradiation-fullreport.pdf>

Environmental Working Group (EEUU)

[www.ewg.org](http://www.ewg.org)

## Situación y resultados hasta la fecha

### Falta de conocimiento y conciencia de los usuarios sobre los riesgos

- La medición de la SAR es dificultosa para la mayoría de los operadores de servicios, los reguladores en la mayoría de los países, las agencias de salud, las organizaciones de consumidores, y los grupos de usuarios.
- Los fabricantes hacen sus teléfonos con potencias de salida que pueden producir SARs pico de hasta 2.0 W/kg en Europa, y 1.6 W/kg en EEUU. En consecuencia, los teléfonos móviles operan con potencias de hasta 2 W.
- *La FCC, quien fija los límites de SAR y debe controlar su cumplimiento en EEUU, dice en su sitio web que el límite debería ser fijado por alguna otra agencia del gobierno.*
- Los usuarios de teléfonos celulares carecen de información apropiada sobre la radiación de RF a la que se exponen y no están conscientes de los riesgos para la salud.
- En la mayoría de los países no se hace un control apropiado del cumplimiento de los límites de SAR, incluyendo EEUU y muchos países de Europa. Se dice que tal vez la mitad de los teléfonos celulares en servicio en EEUU no cumplen con los límites de SAR fijados por la FCC.

## Situación y resultados hasta la fecha

### **Actitud de los fabricantes de teléfonos móviles y de los operadores de servicios**

- La mayoría de las empresas se concentra y enfoca en sus problemas de negocio, y su gente es presionada por un imperativo de crecimiento sin límite y sin fin, sobre todo a corto plazo, porque este es un determinante principal del valor de las acciones de la empresa, de sus ganancias, y de los bonos para sus empleados.
- El resultado es que la mayoría de los fabricantes de teléfonos y operadores de servicios no se preocupa en la práctica por el nivel de la radiación de sus teléfonos y sobre los riesgos para la salud involucrados, y el problema no está en su agenda.

## Situación y resultados hasta la fecha

### **Primeros juicios iniciados por víctimas de la radiación de los teléfonos móviles**

- *Un neurólogo de Maryland demanda en la justicia a proveedores de celulares*  
<http://edition.cnn.com/2000/TECH/computing/08/08/cellular.cancer.lawsuit.idg/>
- *Un fallo de una corte de Italia vincula el uso del teléfono móvil con el cáncer*  
<http://www.reuters.com/article/2012/10/19/us-italy-phones-idUSBRE89I0V320121019>
- *Fallo de la Corte Suprema de Italia dice que los teléfonos celulares pueden causar cáncer*  
[http://tucker.patch.com/blog\\_posts/italian-supreme-court-rules-cell-phones-can-cause-cancer](http://tucker.patch.com/blog_posts/italian-supreme-court-rules-cell-phones-can-cause-cancer)
- *Apple, RIM, Verizon Wireless Services, Motorola Solutions y Samsung Electronics America Inc. demandadas por un usuario de teléfonos móviles que sufrió tumores en el cerebro*  
<https://sites.google.com/site/healinglightcan/emf-news-and-links>
- *Empresas de comunicaciones móviles enfrentan demandas*  
<http://www.dailymail.co.uk/health/article-11519/Mobile-firms-face-lawsuits.html>
- *Operador móvil israelí llega a un acuerdo en una demanda por cáncer*  
<http://www.cellular-news.com/story/58994.php>

### **Ejemplos de estudios de abogados que están haciendo marketing de sus servicios**

- *Parker Waichman LLP law firm*  
<http://www.yourlawyer.com/topics/overview/Cell-Phones-Cause-Cancer-Radiation-Exposure-Lawsuit-Lawyer>
- *Bernstein Liebhard LLP law firm*  
<http://www.sfgate.com/business/prweb/article/Cell-Phones-and-Brain-Cancer-Group-Warns-RF-4199992.php>

## Situación y resultados hasta la fecha

### Otros hechos relevantes

- En Israel y Francia es contra la ley vender teléfonos celulares sin auriculares.
- Varios países, fabricantes de celulares, y grupos de expertos recomiendan prevención en vista de los posibles riesgos para la salud por la radiación de RF de los celulares, tomando la precaución de mantener una distancia para reducir la exposición del cerebro y del cuerpo.
- Los gobiernos de Francia, Israel, Finlandia, Rusia, e India han adoptado políticas y tomado medidas legislativas para reducir la exposición de los niños a la radiación de los dispositivos inalámbricos.
- En EEUU algunos smartphones nuevos vienen con advertencias en letra chica de la FCC de que NO es seguro tenerlos contra el cuerpo durante su uso o transporte. Los fabricantes se protegen contra posibles demandas judiciales incluyendo en los manuales una advertencia en letra chica de que el dispositivo debe mantenerse a una distancia de por lo menos una pulgada del cuerpo. Las advertencias de Motorola, Blackberry, Kyocera, y Apple se pueden ver en:  
<http://ehtrust.org/cell-phone-fine-print-warnings/>

## Situación y resultados hasta la fecha

### Recomendaciones y políticas de seguridad en el uso de teléfonos celulares en algunos países

- Las recomendaciones y políticas adoptadas en EEUU, Australia, Bélgica, Finlandia, Francia, India, Israel, y Rusia, pueden verse en:

<http://ehtrust.org/worldwide-cell-phone-safety-recommendations-and-policies/>

### VIDEOS RECOMENDADOS

#### Dr. Martin Blank, Univ. of Columbia, USA

Electromagnetic fields and health risk

<https://www.youtube.com/watch?v=6qwMiA7cCkU>

(9.16 min)

Electromagnetic fields and health risk

<https://www.youtube.com/watch?v=Cx0VmLUDF48>

(37.06 min)

DNA as fractal antenna in min 7.20

#### Dra. Magda Havas, Trent University, Canada

<https://www.youtube.com/watch?v=6v75sKAUFdc>

(24.09 min)

WiFi in Schools

<https://www.youtube.com/watch?v=AEOcB7Svhvw>

(52.20)

Cell Towers

<https://www.youtube.com/watch?v=QTISuhLjgCA>

(7.38 min)

## Medidas precautorias para los usuarios

### Medidas precautorias

- Utilizar la función manos libres.
- Utilizar un auricular con cables, o de tubos de aire.
- Enviar mensajes de texto en lugar de hablar.
- Si es posible, evitar las llamadas durante las horas pico de tráfico de telefonía móvil.
- Mantener el teléfono móvil alejado del cuerpo.
- Evitar llevar el teléfono celular en un bolsillo o en una funda o holster de cadera.
- Si se tiene que llevar el celular en un bolsillo, apagarlo o ponerlo en modo avión.
- No realizar ni recibir llamadas dentro de recintos metálicos tales como ascensores, automóviles, vagones de subterráneo, tren o tranvía, en subsuelos, y en edificios con paredes gruesas de hormigón, hierro y/o acero.
- Evitar el uso del teléfono celular (o al menos la realización de llamadas de voz con el teléfono apoyado sobre un oído) en zonas rurales y en cualquier lugar donde la señal sea débil.
- Los niños siempre deben evitar el uso de teléfonos celulares.
- Las mujeres embarazadas deben reducir al mínimo el uso de teléfonos celulares.
- Respetar a otras personas que son más sensibles, por ejemplo evitando el uso del celular en restaurantes, autobuses, automóviles, y vagones de subterráneo, tren o tranvía.
- Utilizar un teléfono fijo en casa y en el trabajo

## Principios de precaución en las políticas públicas

### Principio “el que contamina paga” (*polluter pays principle*)

- Se aplica con normas de Responsabilidad Extendida al Productor (ej. responsabilidad por la basura electrónica)
- Se puede extender a **“el que produce el problema paga sus costos”** (*If you make the mess, you are responsible for cleaning it up*)

### Principio precautorio

- “Si una acción o política implica probable riesgo de causar daño a la población o al medio ambiente, en ausencia de consenso científico de que el daño no se produce, la carga de la prueba recae sobre aquellos que defienden la acción.”

## El principio precautorio

### **Agencia Europea de Medio Ambiente** (*European Environment Agency*), Copenhage

- *Agencia independiente de la Comunidad Europea, legalmente independiente de la Comisión de la Unión Europea, del Parlamento Europeo, y del Consejo de Ministros de la Unión Europea*  
[www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)
- *“El PP provee justificación para acciones de política pública en situaciones de **complejidad científica, incertidumbre o ignorancia**, en las que puede haber necesidad de actuar con el fin de evitar o reducir **amenazas serias o irreversibles** para la salud o el medio ambiente, usando fortalezas apropiadas de evidencia científica, y teniendo en cuenta los probables **pros y contras** de acciones o inacciones proporcionales.”*
- *“No hay evidencia de que se produce daño” no es lo mismo que “hay evidencia de que no se produce daño”.*
- **Reportes**
  - Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000 (2002)  
[http://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22](http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22)
  - Late lessons from early warnings: Science, precaution, innovation (2013)  
<http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>

## El probable futuro

- **Los teléfonos y otros dispositivos móviles**
  - mucha menor potencia de transmisión
  - diseño para evitar en lo posible cercanía al cuerpo y especialmente a la cabeza
  - advertencia al usuario cuando hay pobre cobertura, con posibilidad de bloqueo automático al superarse determinada potencia de transmisión
  - teléfonos con antena externa en los automóviles
- **Las redes de comunicaciones**
  - redes móviles con más bases, de mucha menor potencia de transmisión, nuevas tecnologías
  - trayecto por redes fijas hasta lo más cerca posible al usuario
- **Las empresas**
  - aumentará el valor de las empresas con redes fijas
- **Las normas**
  - límites de exposición mucho menores a los actuales, basados en criterios biológicos
  - límite para la radiación total de todas las fuentes
  - control bajo responsabilidad conjunta de agencias estatales de salud y de tecnología
- **Las costumbres sociales**
  - prohibición de usar móviles en medios de transporte y en muchos lugares públicos
  - disminución de la adicción a los móviles, también por preocupación por la pérdida de privacidad
- **Los costos**
  - el peor costo será para los usuarios (pérdida de vida o disminución de capacidad de personas que no conocían los riesgos)
  - demandas a fabricantes de equipos para redes, fabricantes de teléfonos, operadores de servicios, y al estado (que debería haber regulado adecuadamente)
  - riesgo de quiebra de los sistemas de salud

“El cerebro de un tonto digiere filosofía en disparate, ciencia en superstición, y arte en pedantería. Por eso es necesaria la educación universitaria.” *George Bernard Shaw.*

“Cuanta salud gastó Romeo en conseguir dinero. Cuanto dinero gastó Romeo en conseguir salud. Ahí va Romeo en su ataúd, sin salud y sin dinero.” *Dicho popular.*

***MUCHAS GRACIAS***