



Jornada sobre los avances en la investigación de los efectos de las radiaciones no ionizantes (RNI)



INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA

Madrid, 25 de mayo de 2010

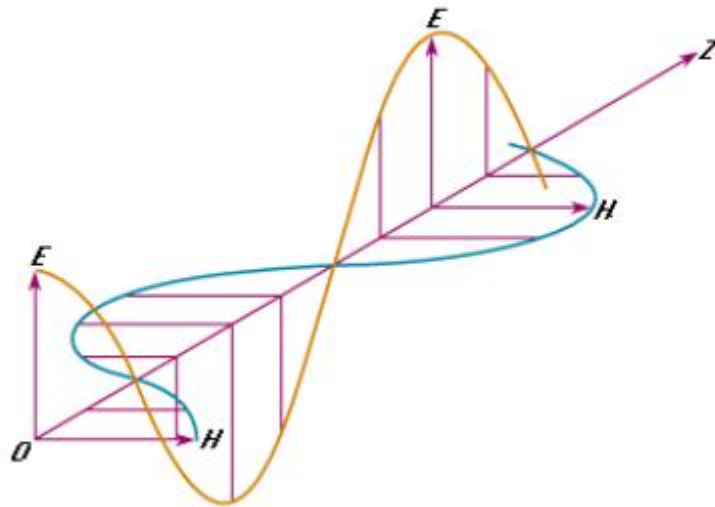
Efectos de las RNI ambientales: El estado de la cuestión

Alejandro Úbeda, Investigador
Hospital Ramón y Cajal

SaludMadrid

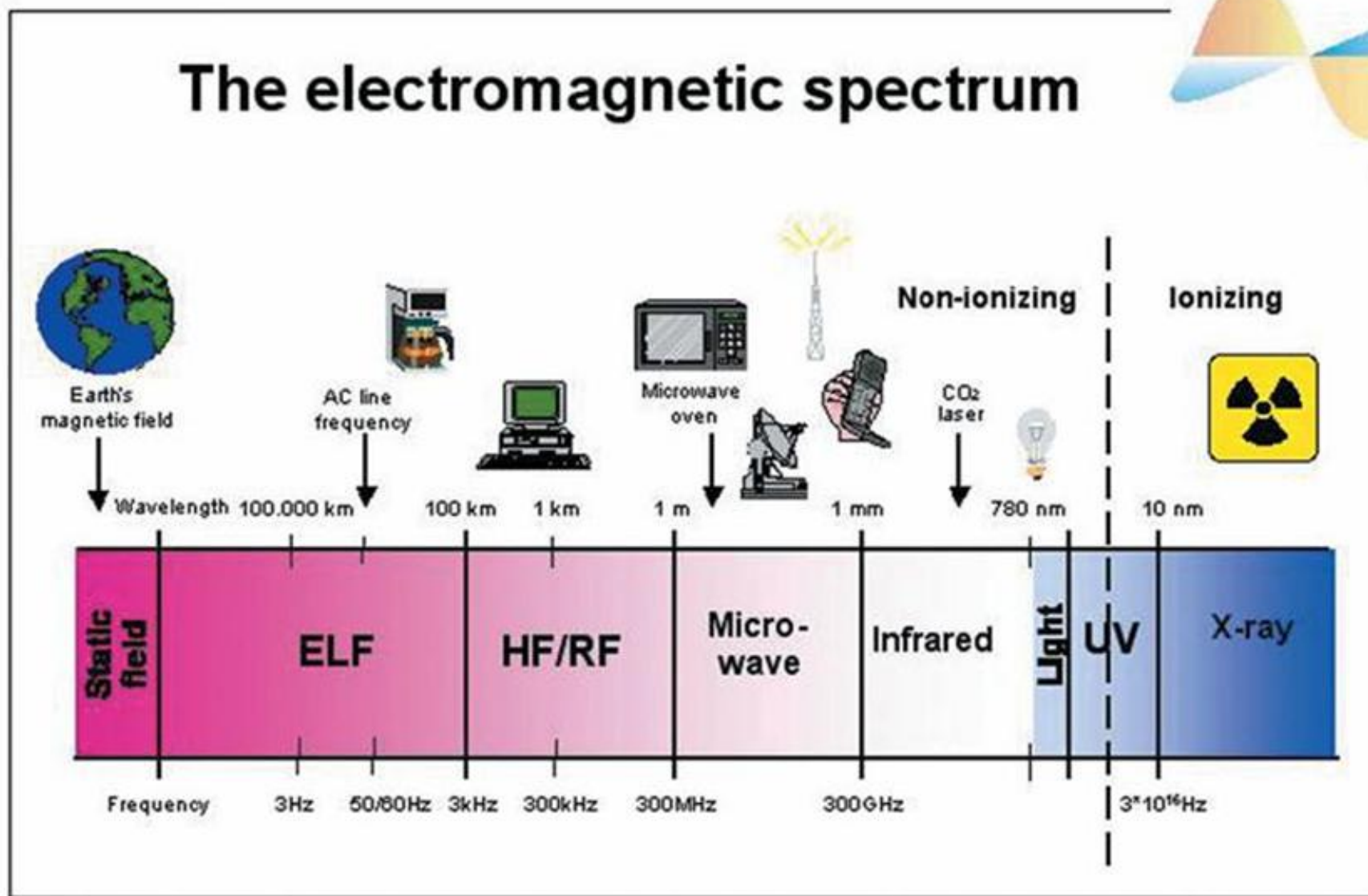


RNI: Campos Electromagnéticos



- Señales EM con componente E y H en planos perpendiculares
- Velocidad de la luz
- A mayor frecuencia...
 - Mayor energía
 - Menor penetrabilidad

The electromagnetic spectrum



RADIACIÓN IONIZANTE



vs NO-IONIZANTE



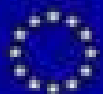
- **La radiación ionizante (RI)** posee suficiente energía para arrancar un electrón de un átomo, produciendo un ión. Acción genotóxica directa o indirecta (radicales libres)
- **La radiación no ionizante (RNI)** carece de la energía necesaria para ionizar

FUENTES DE RNI ARTIFICIAL

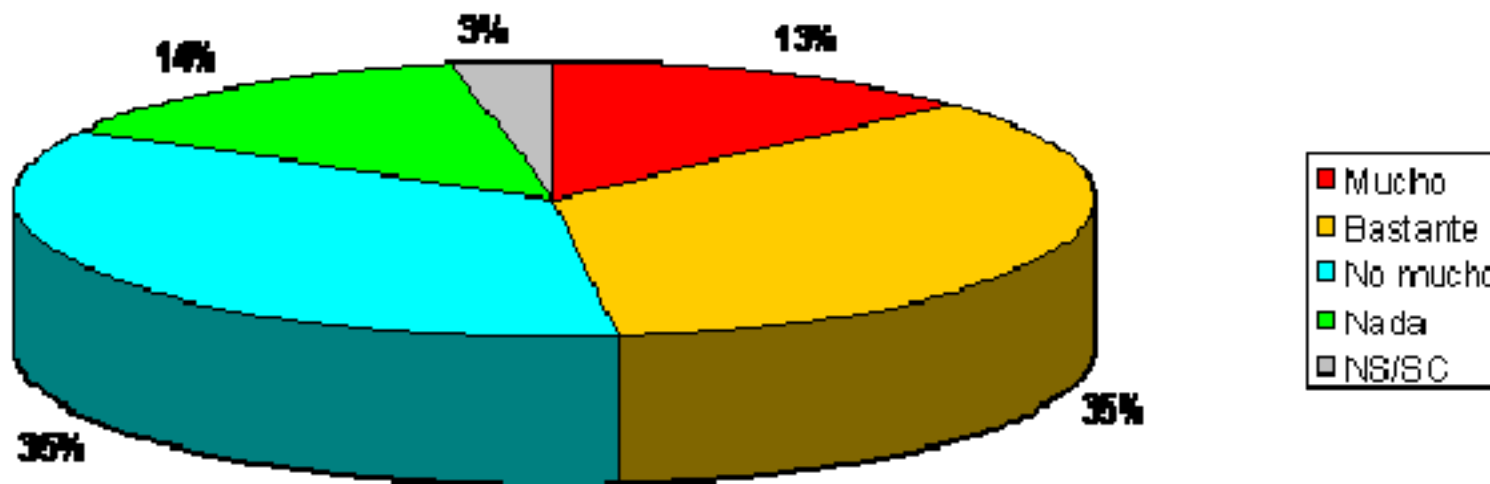


- Estático: Imanes, bobinas, Maglev...
- Frec. Industrial
 - Líneas eléctricas
 - Transformadores
 - Cableado
 - Aparataje eléctrico
- RF radiocomunicación
 - Radio AM, FM, TV, GSM, UMTS, Wi-Fi, radar...
- MW: doméstico/industr
- Medicina
 - RM
 - E. M. Transcraneal
 - Magnetoterapias
 - T. Electrotérmicas
 - Diatermia / MW
 - Láser
 - IR
 - UV

Ubicuas y recientes => Preocupación



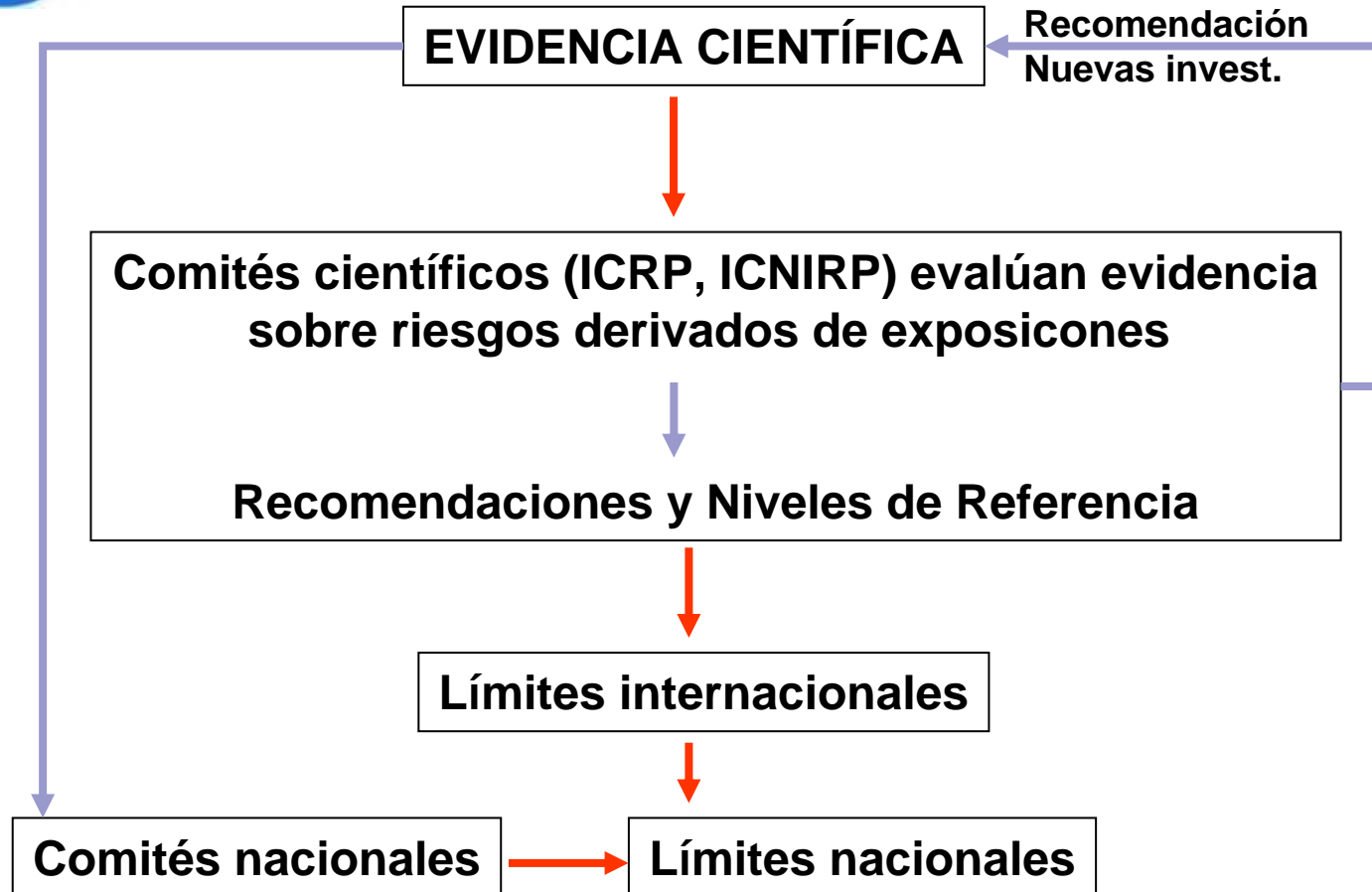
Electromagnetic Fields Special Eurobarometer (June 2007)



- Nivel de preocupación de los ciudadanos europeos por la exposición a CEM en general (España en la media)

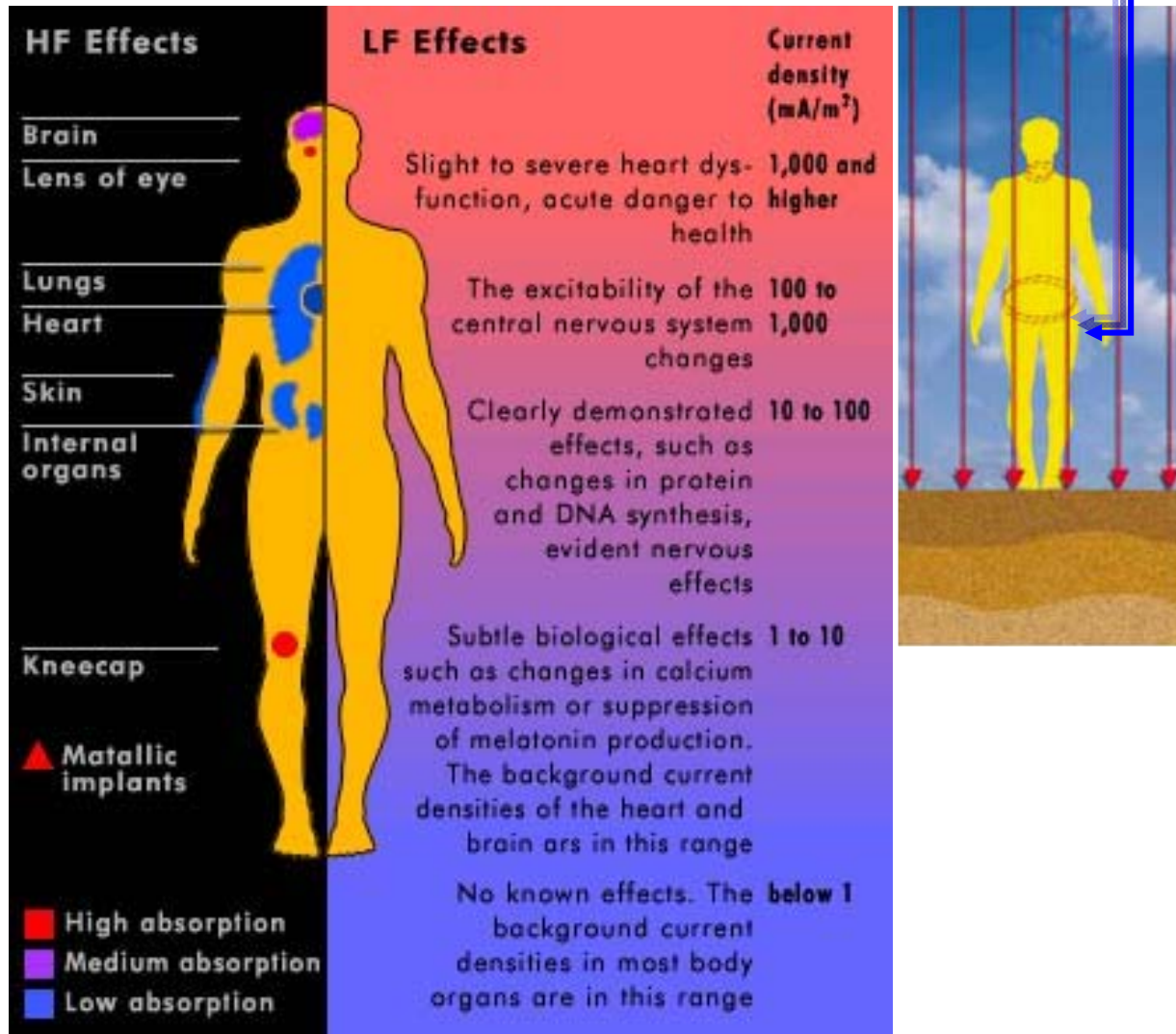


Establecimiento de límites de exposición a RI/RNI



Efectos nocivos inmediatos de RNI intensas

RF: Calor (> 1°C) BF: Corrientes inducidas





RNI: Niveles de referencia ICNIRP (1998) para exposiciones agudas público/ocupacional



... y crónicas



DIRECTIVA EUROPEA (EC 1999)



LEGISLACIONES NACIONALES (2001)




Solo Radioeléctrico

**LEGISLACIÓN
NACIONAL (2001)**



REAL DECRETO 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

No establece medidas de protección al público ante otras frecuencias



A partir de ahí, preguntas...

- ¿Cuáles son los niveles de exposición en ambientes típicos? ¿Están por debajo de límites recomendados por ICNIRP para exposiciones instantáneas, esporádicas?:

Dosimetría y control

- ¿El cumplimiento de los límites ICNIRP garantiza la seguridad de los ciudadanos ante exposiciones crónicas a RNI débiles? ¿Se han encontrado indicios de nocividad a niveles subumbral?:

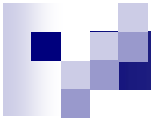
Investigación (Epidem. y Experiment)

- ¿A partir de la evidencia reciente, se considera conveniente establecer límites de protección más estrictos?:

Directivas de Protección RNI

- Estrategias para la minimización de la exposición

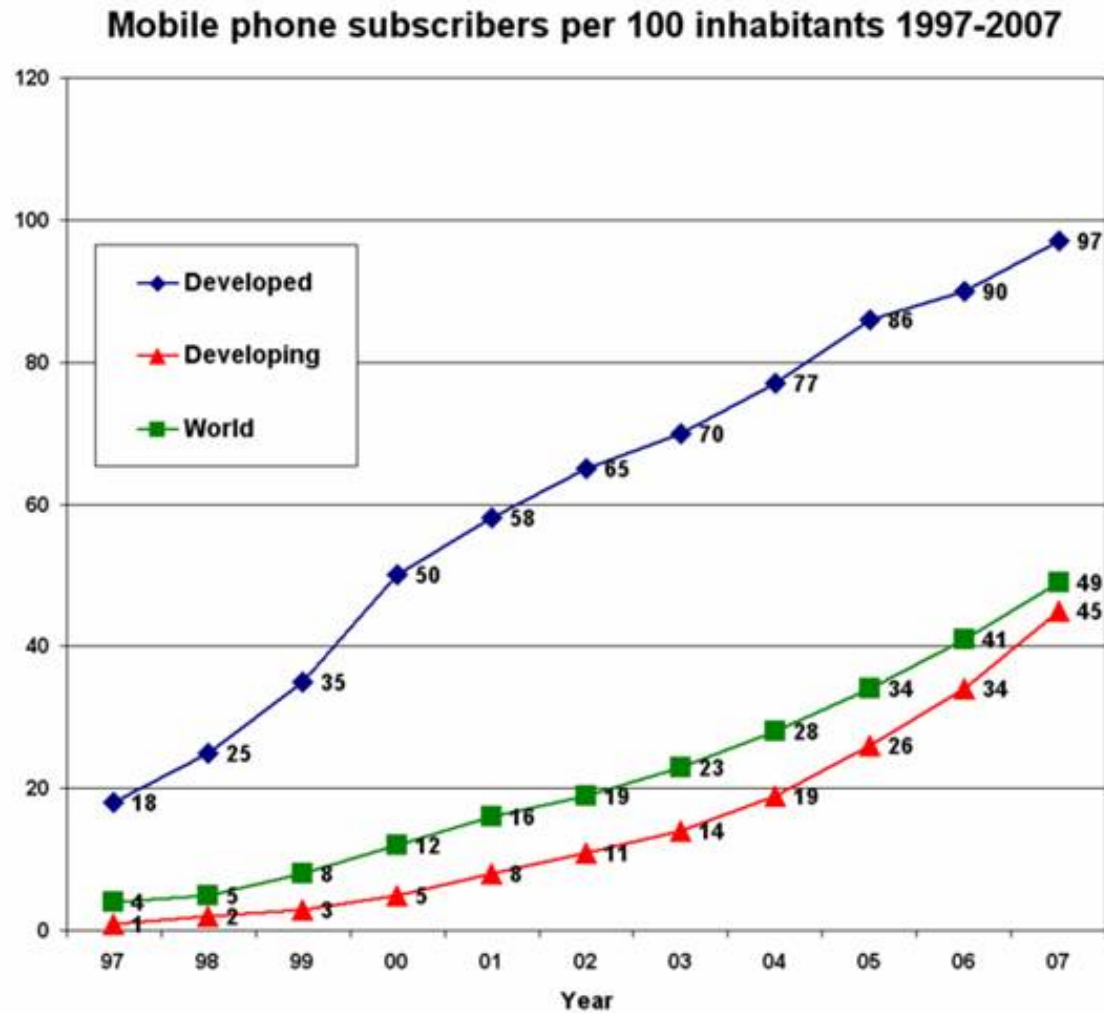
Información y recomendaciones PR



Evidencia reciente sobre potenciales efectos de la exposición a señales de telefonía móvil



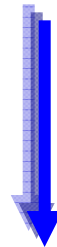
TM: Evolución de uso



Exposición RF nueva y universal ¿Niveles de exposición?



Niveles de Referencia ICNIRP (1998) para exposiciones térmicas a RF



¿Se cumplen los límites en el caso de exposiciones del público?

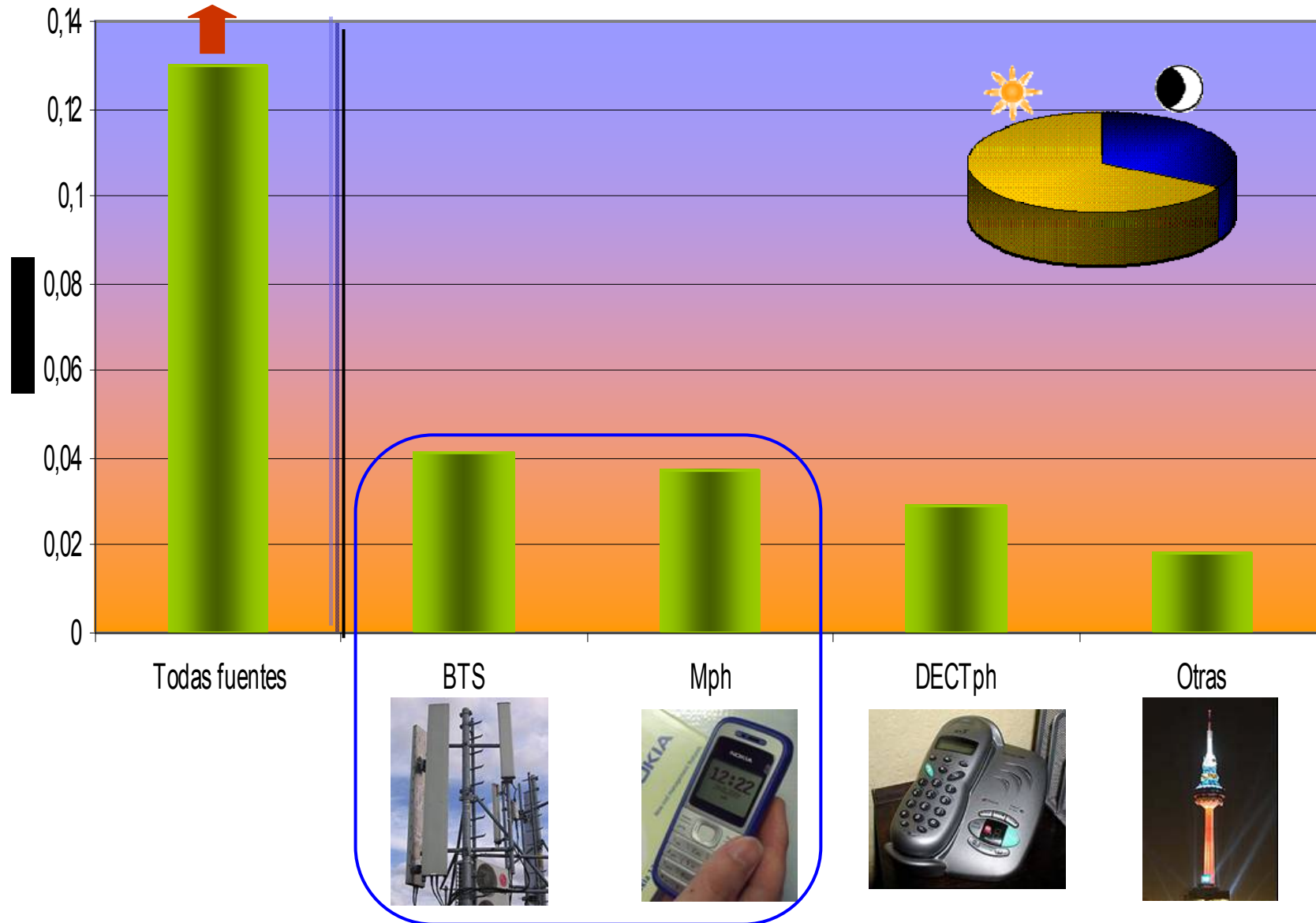


Frei et al. Temporal and Spatial Variability of Personal
Exposure to RF EMF; *Environ. Res.*; Aug 2009

- Exposición a RF de todo tipo de fuentes
- Ambiente urbano en Suiza
- 166 voluntarios
- Monitorización personal durante 1 semana, 24h/día, actividad normal (dosímetros de cintura). Se discrimina entre distintos rangos de frecuencia

Media Semanal de Exposición RF (Cuerpo Completo)

“Límite” GSM 1800: 9000 mW/m²



Manual del Usuario: *"Precauciones de seguridad para la exposición a Radiación No Ionizada"*



"... para la seguridad personal, se recomienda que ninguna parte del cuerpo humano se acerque demasiado a la antena durante el funcionamiento del equipo."

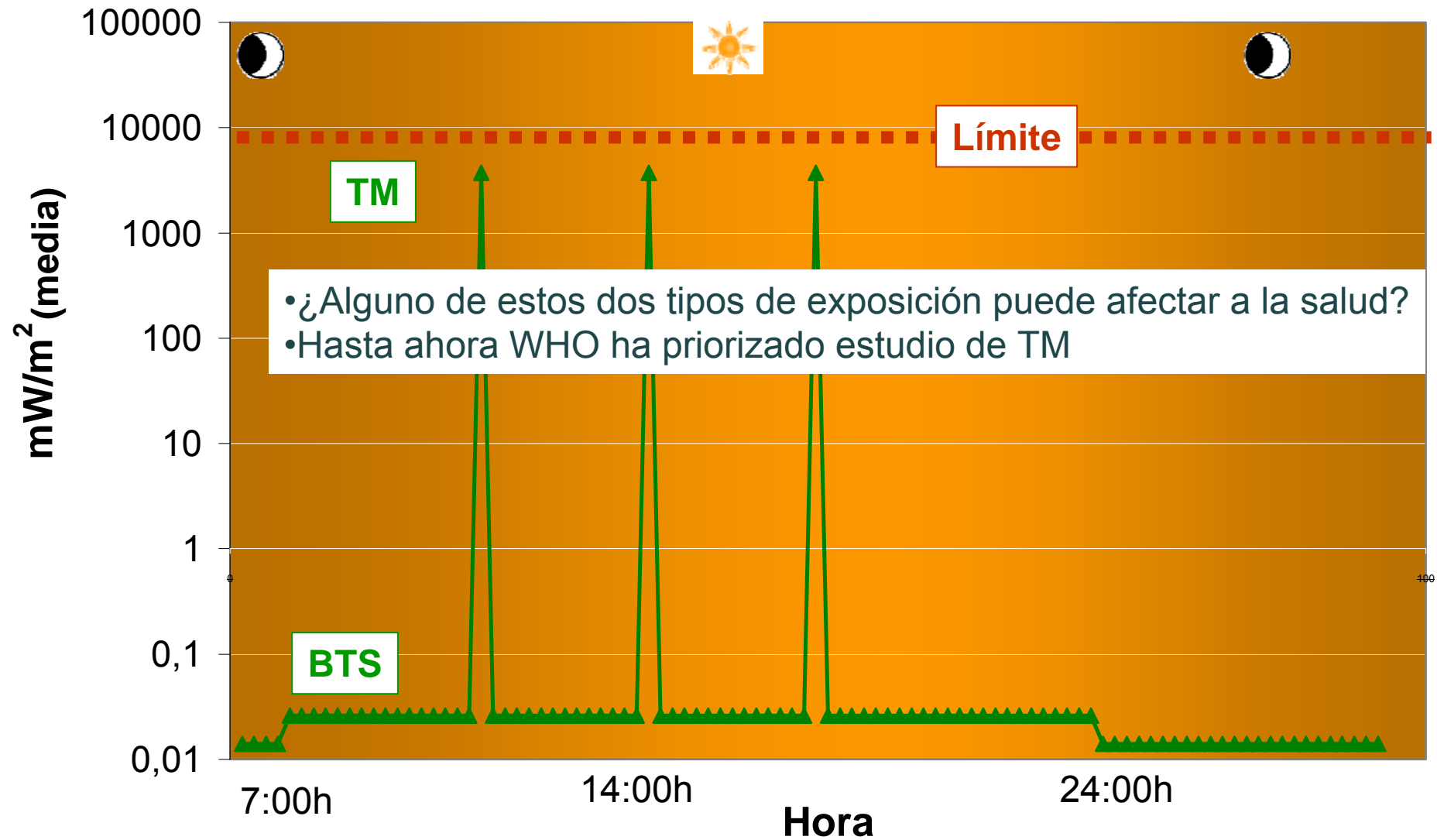
Información SAR

"El estándar emplea una unidad conocida como Tasa de Absorción Específica o **SAR.**"

"0.803 W/kg@10g"

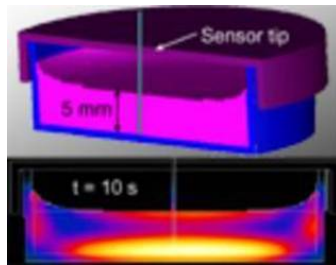
Límite legal para el público: 2 W/kg en cabeza y tronco

Niveles de exposición GSM (Cabeza)



Efectos de RF de TM: Evidencia científica

Experimental in vitro



Experimental in vivo



Experimental en humanos



Observacional-Epi






EVIDENCIA EXPERIMENTAL

RF de TM y terapias EM: Efectos Neurológicos agudos en voluntarios

<u>Actividad EEG espontánea</u>	<u>Estudios (efectos)</u>
- Actividad EEG en vigilia (Δ potencia ondas α y β)	17 (15+)
- Actividad EEG durante el sueño (Δ potencia ondas α y β)	12 (11+)

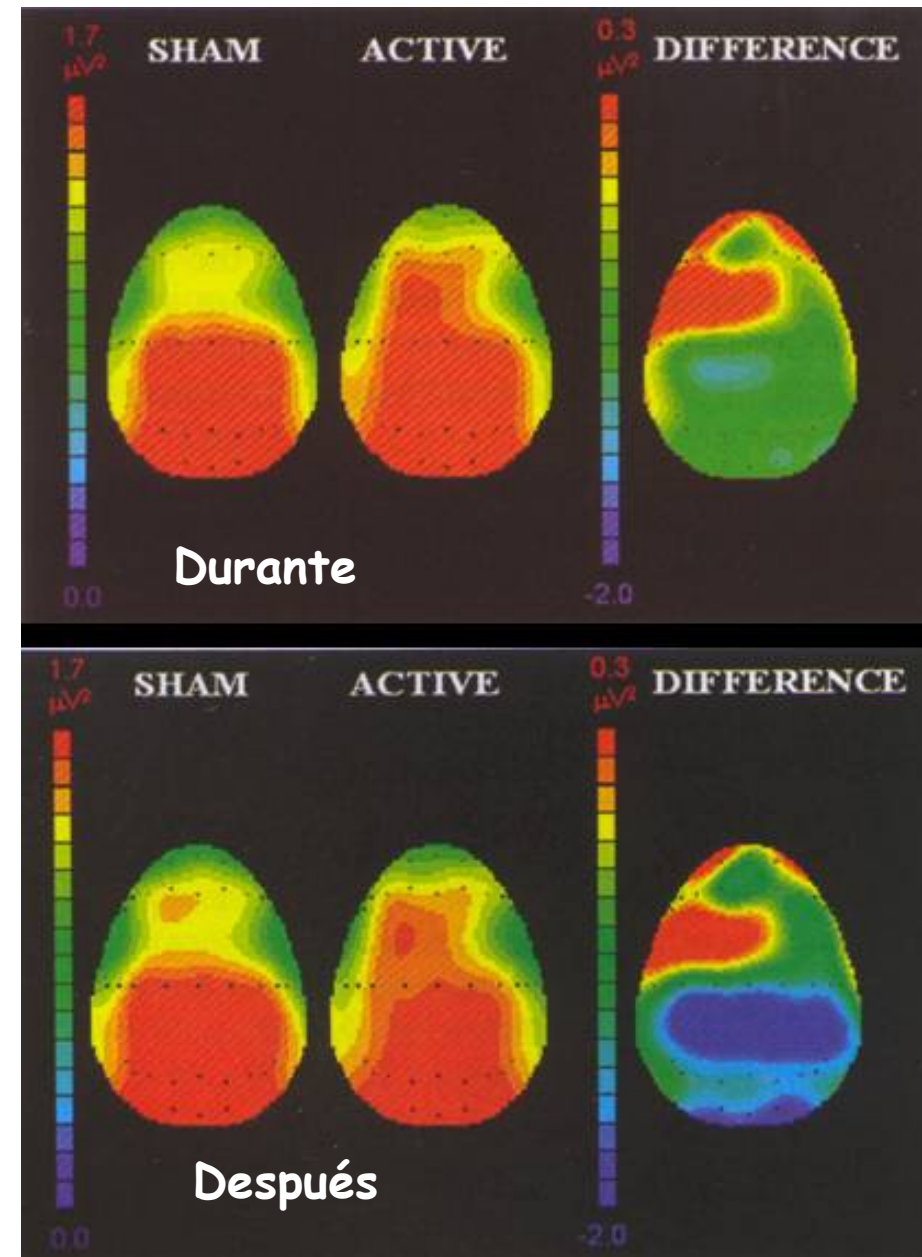



R.J. Croft et al., The Effects of Mobile Phone EMF on the Alpha Rhythm of Human EEG. *BEMS*, Vol 29, No. 1, 2008

- El estudio más amplio y profundo hasta ahora: 120 voluntarios. Expuestos a radiación TM. 30 m exposición / 30 m simulacro, sesiones separadas por una semana. Sujetos auto-contróles. Metodología doble ciego
- Estudio de cambios en actividad EEG alfa (8-12 Hz). Tests estadísticos no paramétricos.
 - Resultados...

Resultados...

- Incremento general (estad. signific) de la potencia de ondas alfa durante la exposición.
- Incremento (estad. signific) de la potencia alfa ipsilateral / contralateral durante y minutos después de la exposición
- Réplica y confirmación del efecto subtérmico ampliamente observado





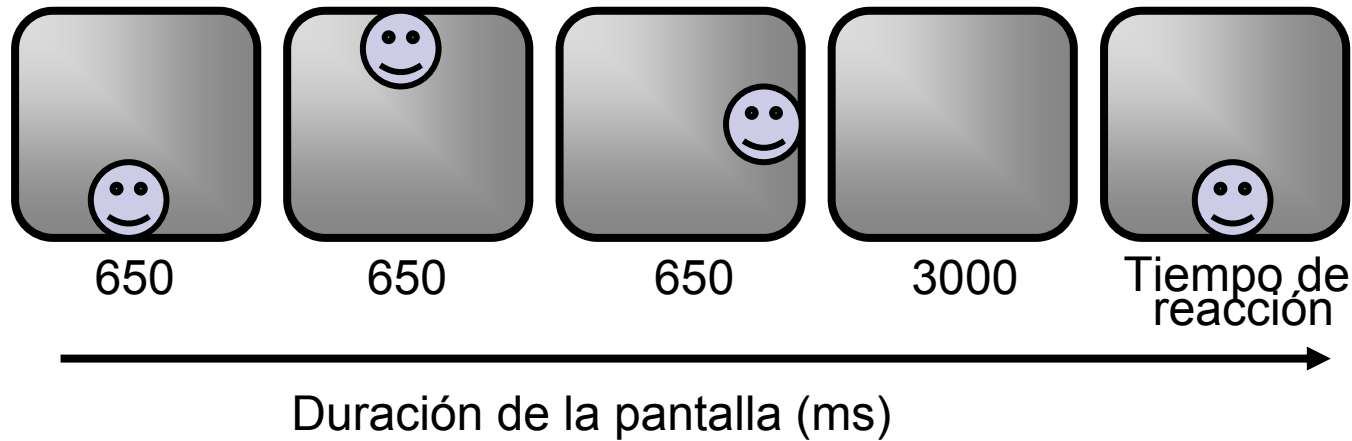
Efectos cognitivos. 21 estudios (2+/3)

- Roy Luria et al. Cognitive Effects of Radiation Emitted by Cellular Phones: The Influence of Exposure Side and Time BEMS 30:198-204 (2009)

Efectos de exposición a TM GSM estándar sobre funciones cognitivas

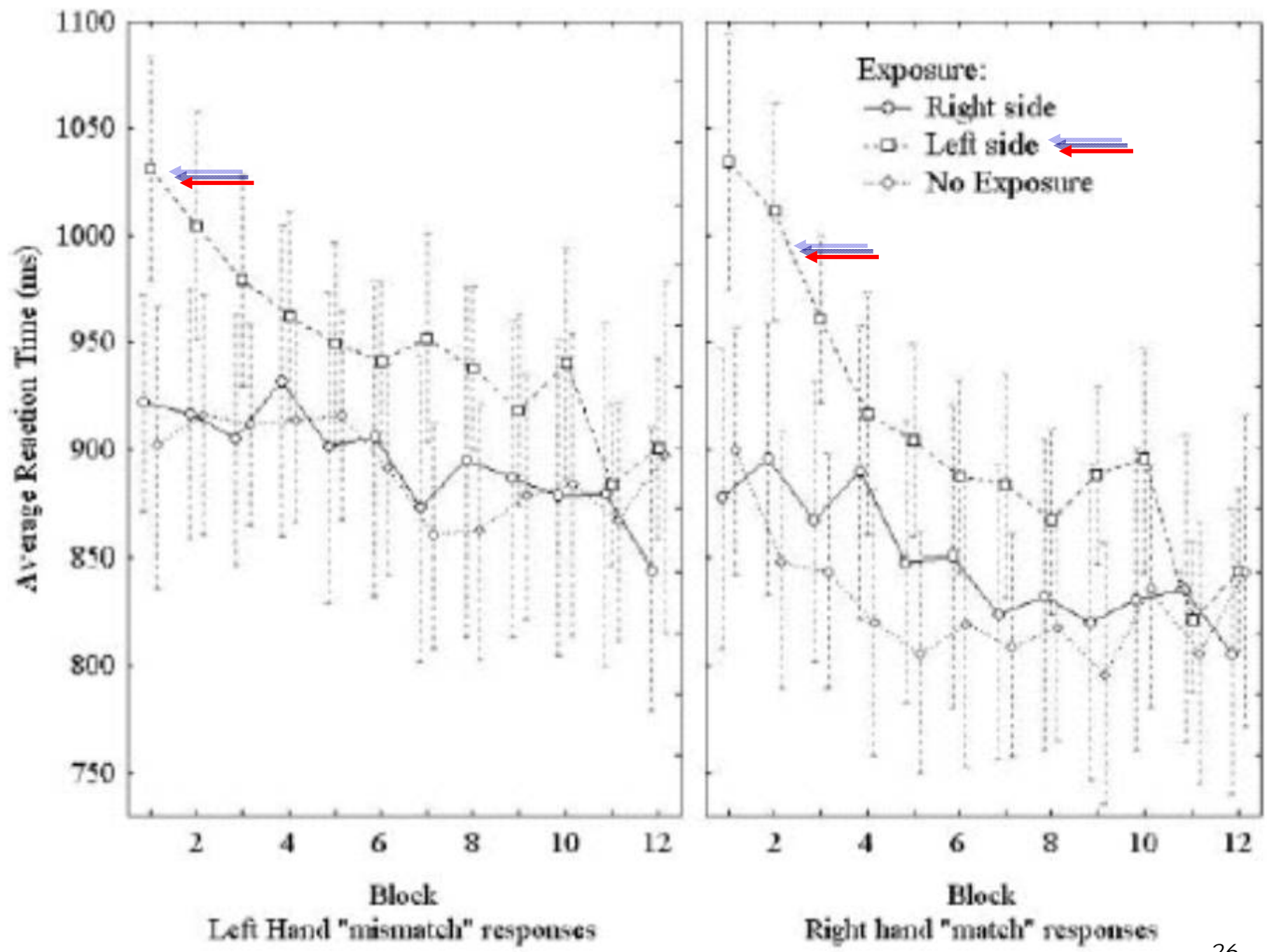
- 48 voluntarios varones, sanos, diestros realizaron tareas de memoria espacial (que requerían respuestas con la mano izquierda o derecha) mientras eran expuestos a uno de dos TM en ambos lados de la cabeza.
- Tres grupos: Exposición izquierda, derecha o control. 12 bloques de pruebas.
- Se registra: precisión y tiempo de respuesta (TR).





Tarea:

- *Se presenta una “cara” objetivo tres veces (650 ms cada) en tres posiciones al azar de 8 posibles*
- *3000 ms después aparece otra cara en una posición al azar.*
- *El sujeto debe decidir si la última posición coincide con alguna de las anteriores*
- *Y apretar una tecla con la mano derecha (si hay coincidencia) o con la izquierda (si no hay coincidencia)*





Conclusión

- “La exposición no afectó a la precisión de las respuestas”
- “Bajo exposición del hemisferio izquierdo, el TR medio de las respuestas se prolongó significativamente en los primeros bloques de intentos”
- Esto confirma:
 1. Observaciones precedentes de efectos sobre el TR medio
 2. Que la duración / repetición de la exposición, así como el hemisferio expuesto, pueden tener un papel crucial en la obtención de efectos cognitivos detectables y reproducibles

Conclusiones de efectos neurológicos agudos para RF débiles

- Efectos Neuroestimuladores (EEG) ipsilaterales reversibles
 - ¿Relacionados con cambios en flujo sanguíneo?
 - ¿Responsables de alteraciones cognitivas menores y reversibles?



- ICNIRP: “Efectos biológicos” sin relevancia patológica.
 - Pero... no se han estudiado suficientemente: Efectos endocrinos o neurológicos en sujetos enfermos (con deficiencias endocrinas, epilepsia, enfermedades neurodegenerativas)

En cualquier caso, efectos observados no predichos ni explicados por mecanismos térmicos (únicos admitidos en PR ante RF)

Efectos de RF de TM: Evidencia epidemiológica

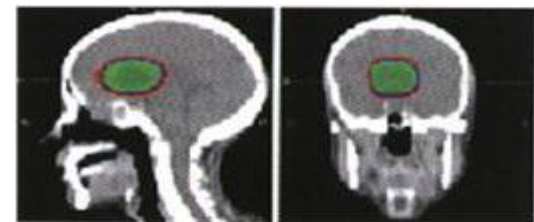


EVIDENCIA OBSERVACIONAL-EPI (Cáncer SN)



Proyecto INTERPHONE-I (2000-2003)

- El estudio epidemiológico más ambicioso hasta el presente
- Financiación pública + industria (22 M€)
- Protocolo común; 13 países
- Objetivo: Determinar si el uso del TM incrementa el riesgo de cáncer
- Estudios caso-control en la población de:
 - Glioma y meningioma
 - Neurinoma de nervio acústico
 - Tumores de glándula parótida





INTERPHONE-I

- Conclusiones definitivas: Previstas para 2005
- Estudios nacionales (potencia estadística débil) son publicados según se van completando
- Pero análisis del conjunto de los resultados retrasado debido a “detección de factores de incertidumbre por estimación de exposición, sesgo de recuerdo y selección de casos y controles, que podrían conducir a una sustancial subestimación del riesgo de tumores cerebrales asociados al uso de TM”: (*Vrijheid et al., 2006a, b*)
- Nota de prensa IARC de 28 de mayo de 2009: Manuscrito ya completado y enviado a “una revista”
- 18 de mayo de 2010: Resultados publicados en *International Journal of Epidemiology*



Conclusiones del estudio, según la prensa

Un estudio de la OMS relaciona el uso del teléfono móvil con el cáncer

Un uso prolongado del móvil aumenta el riesgo de padecer un tumor cerebral

Un estudio desvincula los móviles de los tumores cerebrales

El estudio se realizó entre más de 60.000 adultos

El estudio no encuentra variaciones en el número de personas afectadas por tumores

Conclusiones del estudio, según los autores...



Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case–control study

- **CONCLUSIÓN:** *“En conjunto, no se observó incremento de riesgo para glioma o meningioma asociado al uso de TM. Se han encontrado indicios de riesgo incrementado de glioma y, mucho menor, de meningioma, a niveles elevados de exposición, para exposiciones ipsilaterales y, para glioma, en tumores del lóbulo temporal. Pero los sesgos y errores limitan la fuerza de las conclusiones e *impiden una interpretación causal*”*
- *“Los posibles efectos a largo plazo del uso frecuente de los TM requieren más investigaciones”*

NOTA: Aunque se incluyeron en INTERPHONE, no se han publicado los datos sobre riesgo de:

- Neurinoma de nervio acústico
- Glándula salivar



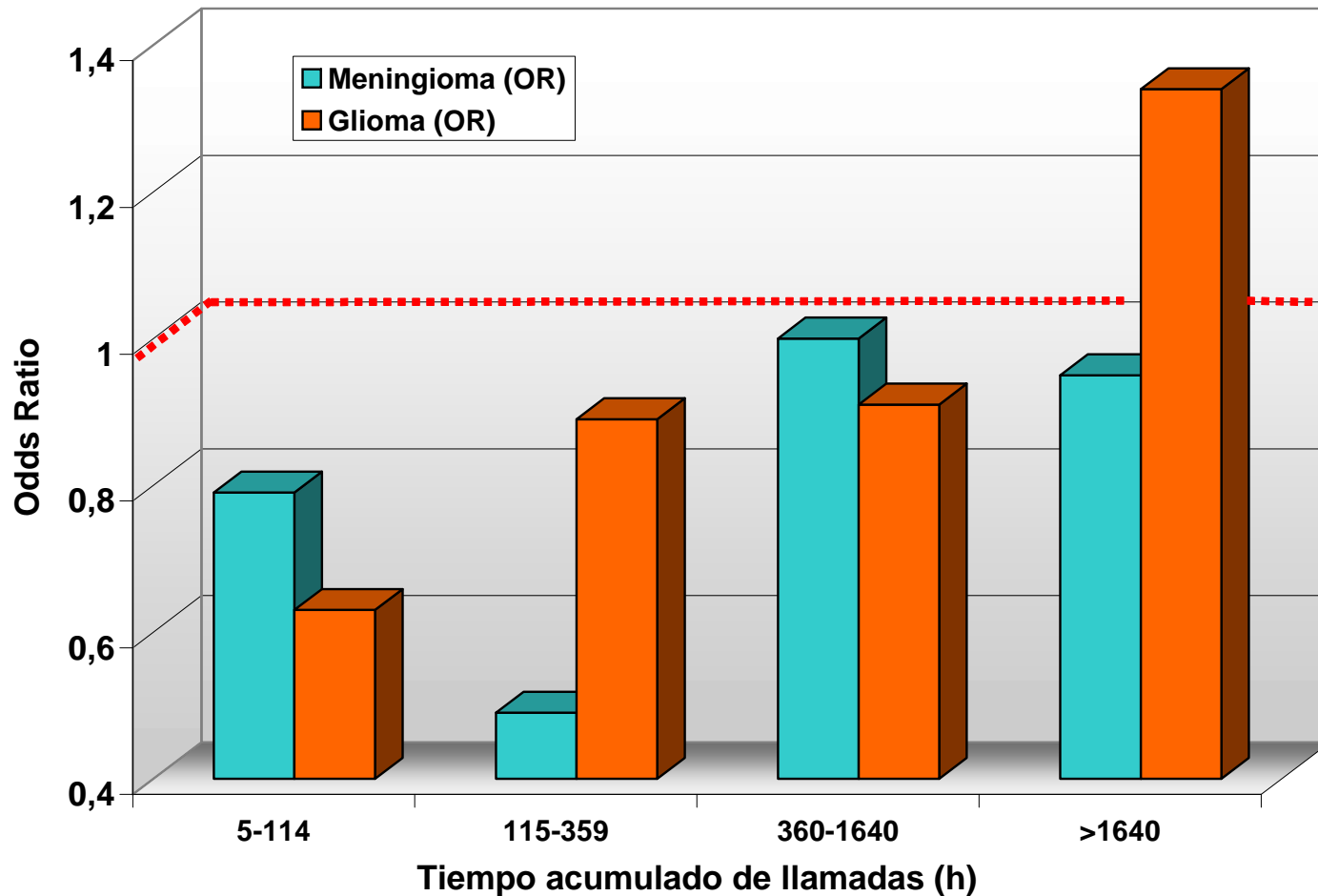
¿A qué “sesgos y errores” se refiere?

- 2004: Relativamente pocos datos de usuarios > 10 años de uso
- Imprecisiones en la dosimetría
- Sesgos en la forma de recogida de datos que...
- “... podrían haber conducido a una sustancial subestimación del riesgo de tumores cerebrales asociados al uso de TM”
- De hecho: En casi todos los parámetros estudiados se encontró un **“efecto protector” (OR < 1)** del uso del TM, achacado por los autores a **“sesgos de participación o a otras limitaciones metodológicas”**



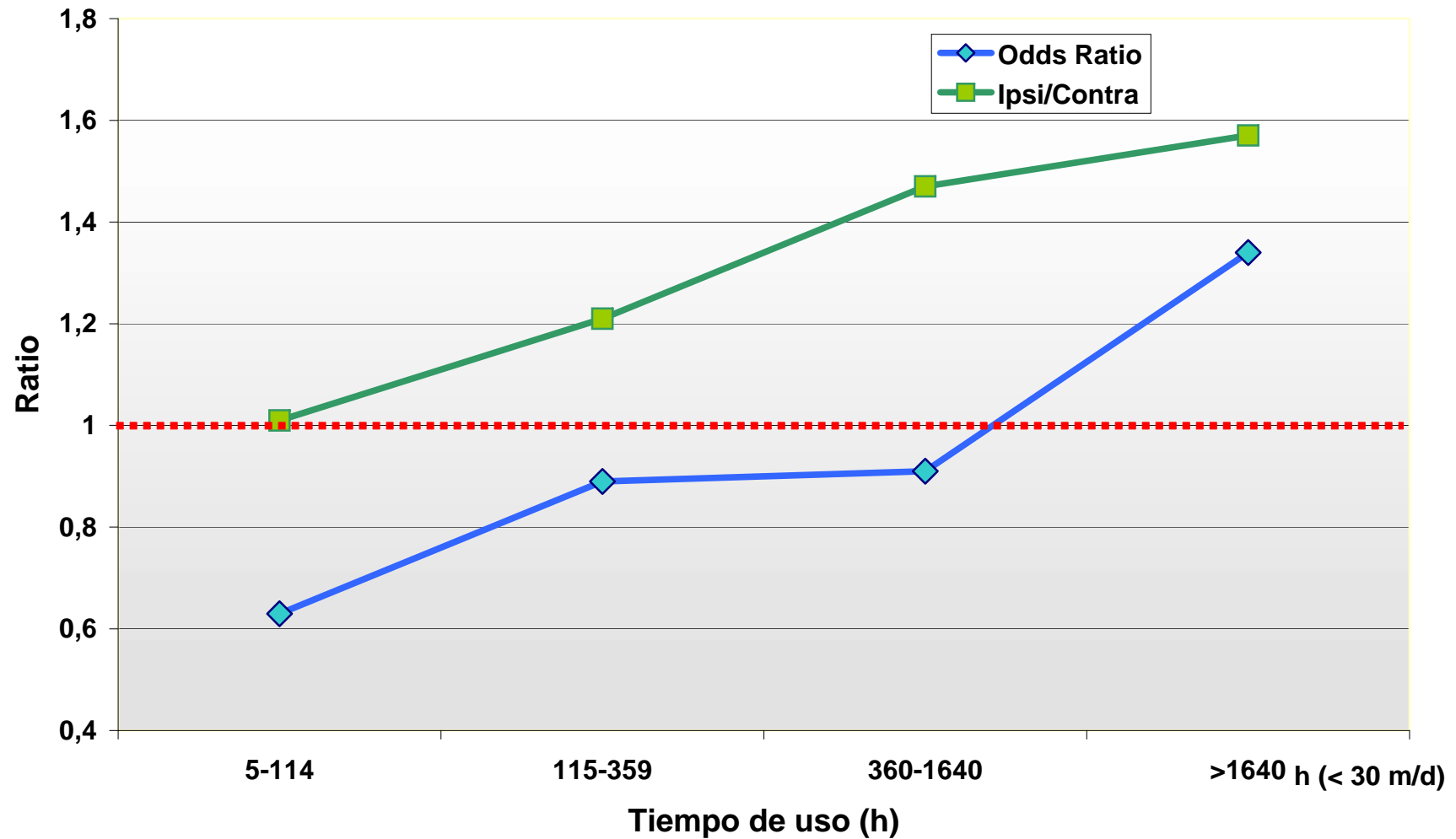
¿Y a qué se refiere con: “posibles efectos a largo plazo”?

Frecuencia de tumores a T>10 A





Para gliomas, tras 10 o más años de uso...






Conclusiones de lo anterior?

- Las diferencias encontradas no son significativas estadísticamente => Sin conclusiones

Pero la función lineal de incremento con el tiempo acumulado de uso podría ser relevante

En efecto, en el **Appendix 2** de INTERPHONE...



Appendix 2: No incluido en el artículo, pero accesible en versión electrónica.

Se analizan los datos incluyendo una corrección del *“efecto protector”*


GLIOMA		
USO ACUMULADO	Odds Ratio	Conf. Int. 95%
T > 10 años	2,18	1,43 – 3,31 (*)
T > 1640 horas	1,82	1,15 – 2,87 (*)

(*): Estadísticamente significativo



Otros estudios epidemiológicos

- Entre 2007 – 2009, 5 meta análisis
- Incluyen algunos datos de INTERPHONE y otros recogidos más recientemente (después de 2004)



Long-term use of cellular phones and brain tumours:
increased risk associated with use for ≥ 10 years (*Hardell
et al., 2007*)

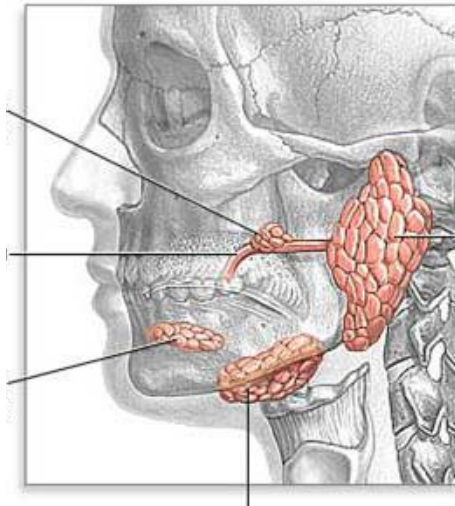
- Pooled Analysis de 16 estudios previos tipo caso-control. Algunos incluidos en INTERPHONE
- **Principal mensaje:**
 - “Los estudios sobre tumores cerebrales y uso de TM ≥ 10 años revelaron un patrón consistente de incremento de riesgo de neurinoma de N. acústico y de glioma”
 - “La exposición ipsilateral presentó los riesgos más elevados (OR 2,0 – 2,4; estad. signific.)”
- **Implicaciones políticas**
 - “Es necesario tomar precauciones en el uso de los TM”
 - “Se necesita más investigación sobre valoración del riesgo basada en números mayores de usuarios de largo plazo.”



Cell Phones and Brain Tumors: A Review Including the Long-Term Epidemiological Data (*Khurana et al., Surgical Neurology 72 : 205 – 215, 2009*)

- Metaanálisis de 11 estudios epi previos. Algunos incluidos en INTERPHONE
- Los resultados indican:
 - “Usar teléfono móvil durante ≥ 10 años duplica el riesgo de ser diagnosticado de tumor cerebral ipsilateral. Los datos alcanzan significatividad estadística para glioma y neurinoma acústico, pero no para meningioma.”
- Conclusiones
 - “Existe evidencia epidemiológica adecuada indicativa de una relación entre el uso prolongado de teléfonos móviles y el desarrollo de tumores cerebrales ipsilaterales.”


Epidemiología de tumores de G. Parótida (TGP) en usuarios de TM





Sadetzki et al., 2008 Cellular phone use and risk of benign and malignant parathyroid gland tumors

- Ampliación del estudio nacional israelí incluido en INTERPHONE
- Ventajas de TGP: Superficial (4 – 10 mm subcutáneo): accesible a exposición RF
- A diferencia de neuromas N. acústico, no pérdida de audición con enfermedad => no sesgo por cambio de lateralidad en el curso de la enfermedad
- A diferencia de algunos t. cerebrales, no disfunciones cognitivas => menor sesgo de recuerdo, mayor coherencia en la información
- Se seleccionaron “usuarios regulares”: 1+ llamadas semanales durante 6+ meses, y se les entrevistó por teléfono
- **460 casos** diagnosticados en 2001 - 2003, **1266 controles**. Emparejados por edad y sexo

- 
- **Resultados:** Incidencia de TGP incrementada en:
 - Usuarios regulares
 - Uso ipsilateral (OR = 2,75; IC 95%: 1,47-5,08)
 - Con 5+ o 10+ (pocos casos) años de uso
 - Con uso preferentemente rural
 - Indicativo de asociación dosis - respuesta



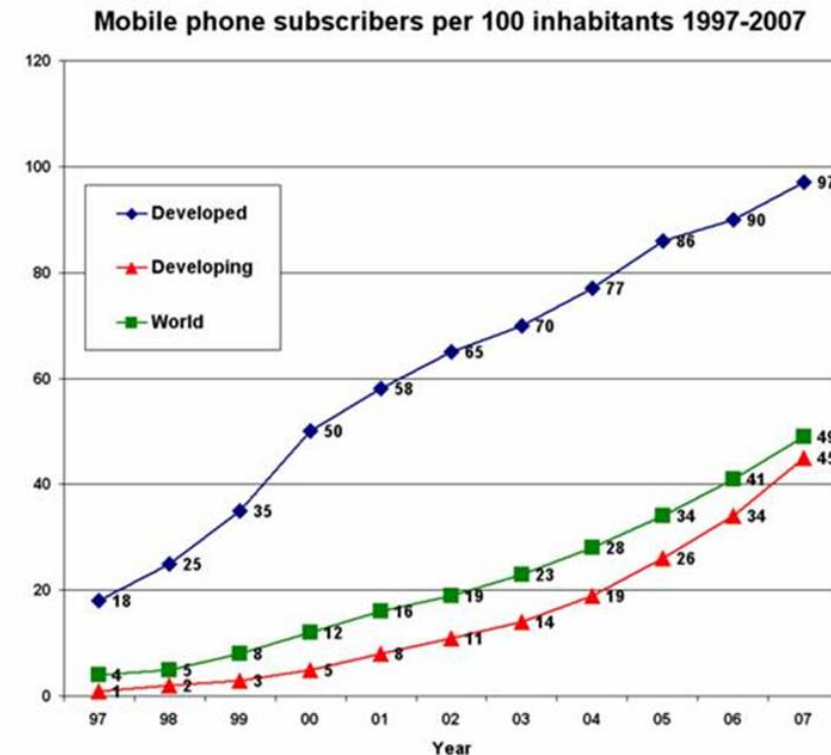
Conclusión de los autores

- “Los resultados de un solo estudio no son demostrativos de nocividad, pero son una base suficientemente robusta para asumir causalidad. Se necesitan investigaciones adicionales sobre usuarios frecuentes y con largos periodos de uso (latencia). Hasta obtener esa información adicional, los autores se unen a la recomendación de la mayoría de los comités científicos, que propone adoptar una filosofía de cautela en el uso de los TM”

¿Esperamos datos más concluyentes de futura epidemiología? MOBI-Kids (10-24 años)

Hablarán los expertos,
pero...

- Dosimetría?
- Exposición simultánea a otras RF
- Controles?



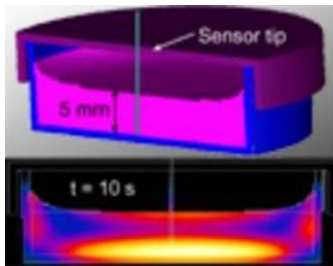


En definitiva:

- Exposiciones cortas a CEM RF intensos pueden afectar al SN por inducción de corrientes o hipertermia (mecanismos “bien” definidos)
- Las regulaciones internacionales limitan la exposición ocupacional y del público a esos campos
- Estudios experimentales y epidemiológicos recientes han revelado efectos a corto plazo (EEG) e indicios de posibles daños a largo plazo (tumores “cefálicos”) para exposiciones sub-umbral. Pero mecanismos “no identificados” => Datos aún no considerados en regulaciones internacionales

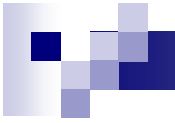
Mecanismos

Experimental in vitro



Experimental in vivo



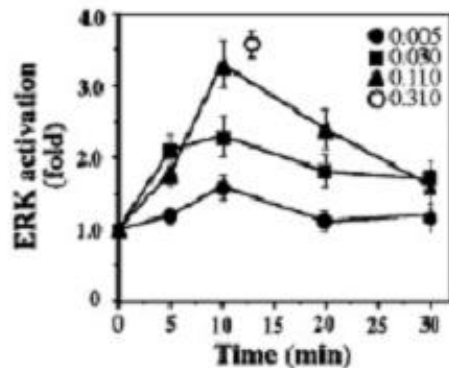


RF = ELF Resp. Molec \longrightarrow PROLIFERACIÓN?

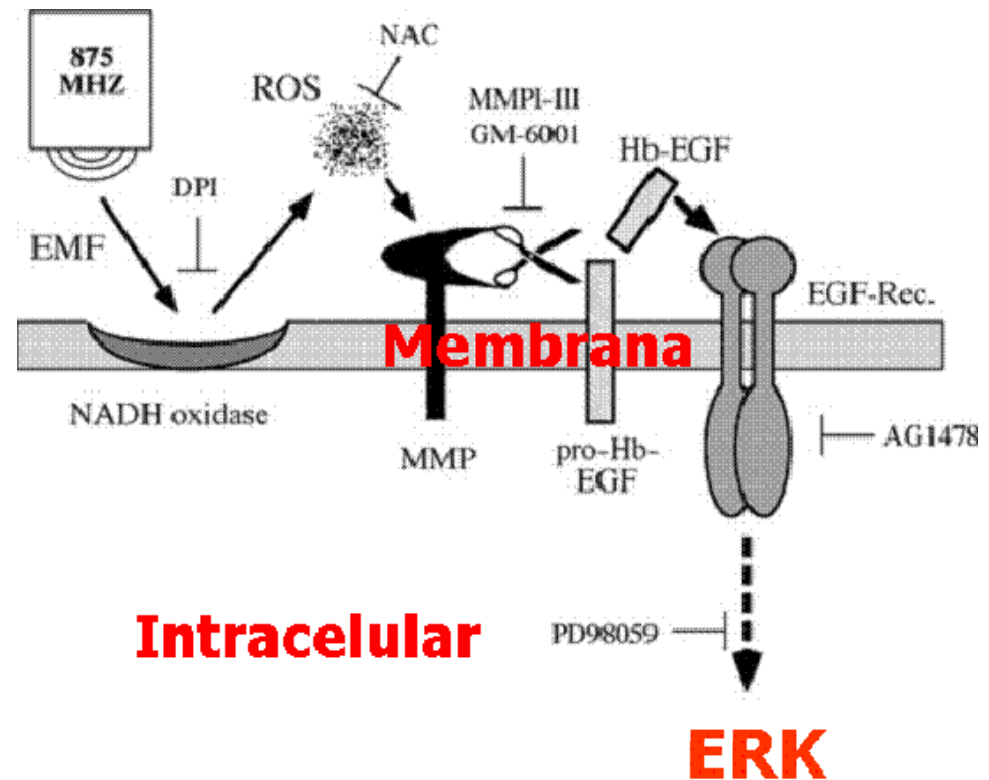
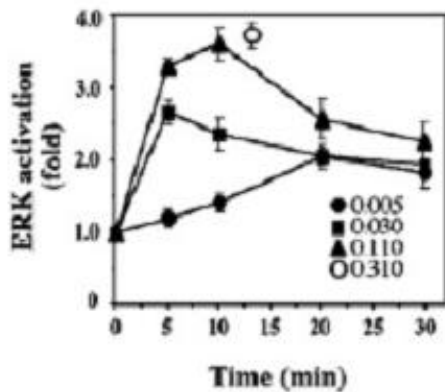
- Blanco 1ario= Membrana-Implicación de vías MAPK
- MAPK-ERK a 5 m y MAPK-p-38 a 4 h

875 MHz
0,005-0,3 mW/cm²

Rat1

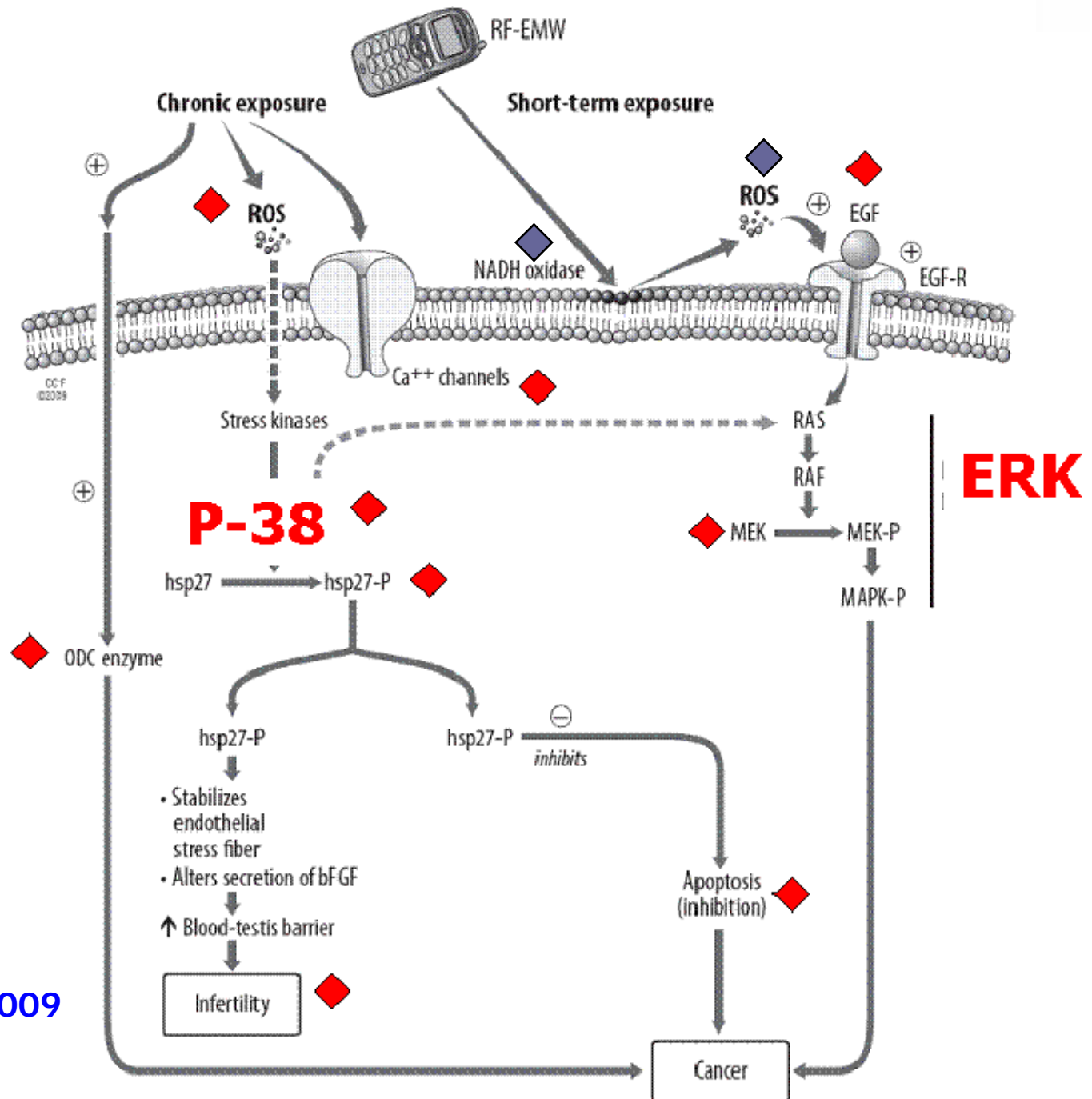


Hela



Friedman et al., 2007

HIPÓTESIS



Review, Desai y col., 2009

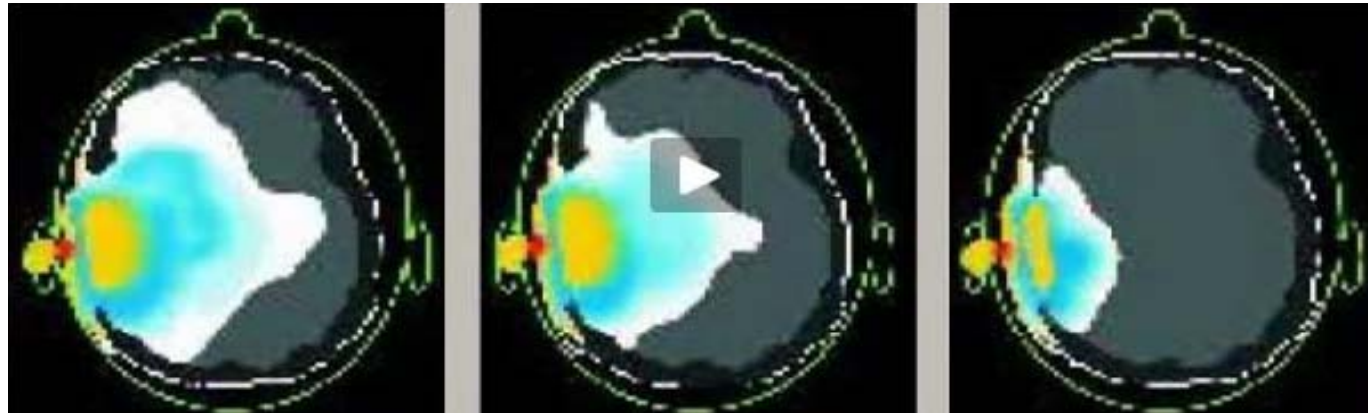


Una conclusión “conservadora”

- Sabemos que las señales RF de TM provocan respuestas “neuroestimuladoras” inmediatas y reversibles en voluntarios sanos
- Todavía no sabemos si el uso repetido y prolongado del teléfono móvil provoca tumores cerebrales u otro tipo de enfermedades.
- Puesto que la utilización de estos teléfonos es hoy parte esencial de nuestras vidas, no podemos ni debemos desaconsejar su uso.
- Sin embargo, es conveniente aconsejar prudencia y animar a reducir en lo posible las exposiciones a la radiación de los teléfonos móviles, especialmente en los niños.

Tras 15 años de controversia, hoy se admite mayor absorción de señal RF en niños

SAR en cabeza y cuello humanos expuestos a señales TM (835MHz / 1900MHz) O.P. Gandhi et al., 2009



5 años (4,49 W/kg)

10 años (3,21 W/kg)

Adulto (2,93 W/kg)

ADEMÁS: Riesgo incrementado de TC cuando edad de inicio como usuario < 19 años
HARDELL & CARLBERG: Mobile phones, cordless phones and the risk for brain tumours. Int. J. Oncol 35: 5-17, 2009



En España: Recomendaciones del CEI (1999-2004, MS)

- Incompatibilidad y sensibilidad EM
- Ampliar la evidencia epidemiológica y experimental
- Valoración experta y continuada de la evidencia
- Información fidedigna a público y trabajadores
- Estrategias voluntarias de minimización
- Educación. Supervisión de uso en niños



PARLAMENTO EUROPEO. Resolución Sobre las Consideraciones Sanitarias Relacionadas con los CEM (17 Feb. 2009)

- Insta a la Comisión a que adopte urgentemente estrategias que incluyen:
 - Adecuación los actuales límites de exposición
 - Desarrollo de campañas dirigidas a los jóvenes europeos, para su sensibilización sobre los posibles riesgos para la salud y sobre la seguridad en las prácticas de uso de los teléfonos móviles
 - Otras



TM: Estrategias de reducción de exposición-1

ESTRATEGIAS GENERALES (ADULTOS)

- Necesidad de más estudios y más información al ciudadano: **FI, US**
- Advertencia sobre posible nocividad y necesidad de precaución por el usuario: **AT, DE, SE**
- Minimizar la exposición a la radiación: **AT, CH, DE, FR, GB, IL, SE, US**
 - Dar preferencia al uso de teléfono fijo: **DE**
 - Usar solo para "necesidades urgentes": **AT**
 - No usar para juegos y apagar durante la noche: **AT**
 - Hacer llamadas cortas: **CH, DE, GB**
 - Usar manos-libres: **DE, CH, FR, IL, SE**
 - ➡ ○ Obligación de comercializar con manos libres todos los modelos: **FR**
 - Enviar SMS: **CH, DE**
 - Evitar usar en baja cobertura y espacios cerrados: **CH, DE, IL, SE**
 - Teléfonos de baja emisión (Blue Angel): **CH, DE**
 - Alejar de la cabeza durante el establecimiento de comunicación: **AT, DE, SE**
- Imposición de nuevos límites nacionales
 - ➡ ○ Para emisiones de teléfonos: **FR**
 - ➡ ○ Para emisiones de transmisores en espacios ocupacionales: **IT**



TM: Estrategias de reducción de exposición-2

ESTRATEGIAS ESPECIALES (NIÑOS Y ADOLESCENTES)

- Extremar las precauciones y estrategias incluidas en el listado de "Estrategias Generales": **AT, CH, DE, FR, GB, IL, SE, US**
- Evitar llamadas "no esenciales": **GB**
- Solo usar en casos de "emergencia extrema": **AT**
- ➡ • Restricción del uso: **FI, RU**
- ➡ • Prohibición de uso en escuelas: **FR**
- ➡ • Prohibición de anuncios dirigidos a menores de 12 años: **FR**
- Campañas locales contra la compra de teléfonos para niños: **FR**