

# Radiaciones no ionizantes y sus efectos en la salud

*ALBERTO LACHOS DAVILA*

*Médico Asistente del Dpto. de Radioterapia del  
Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas*

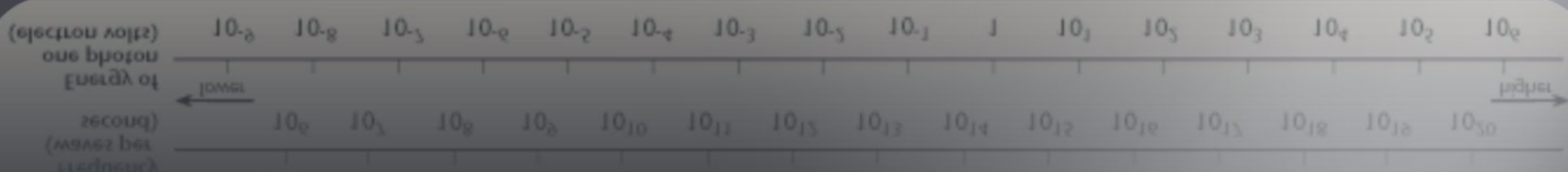
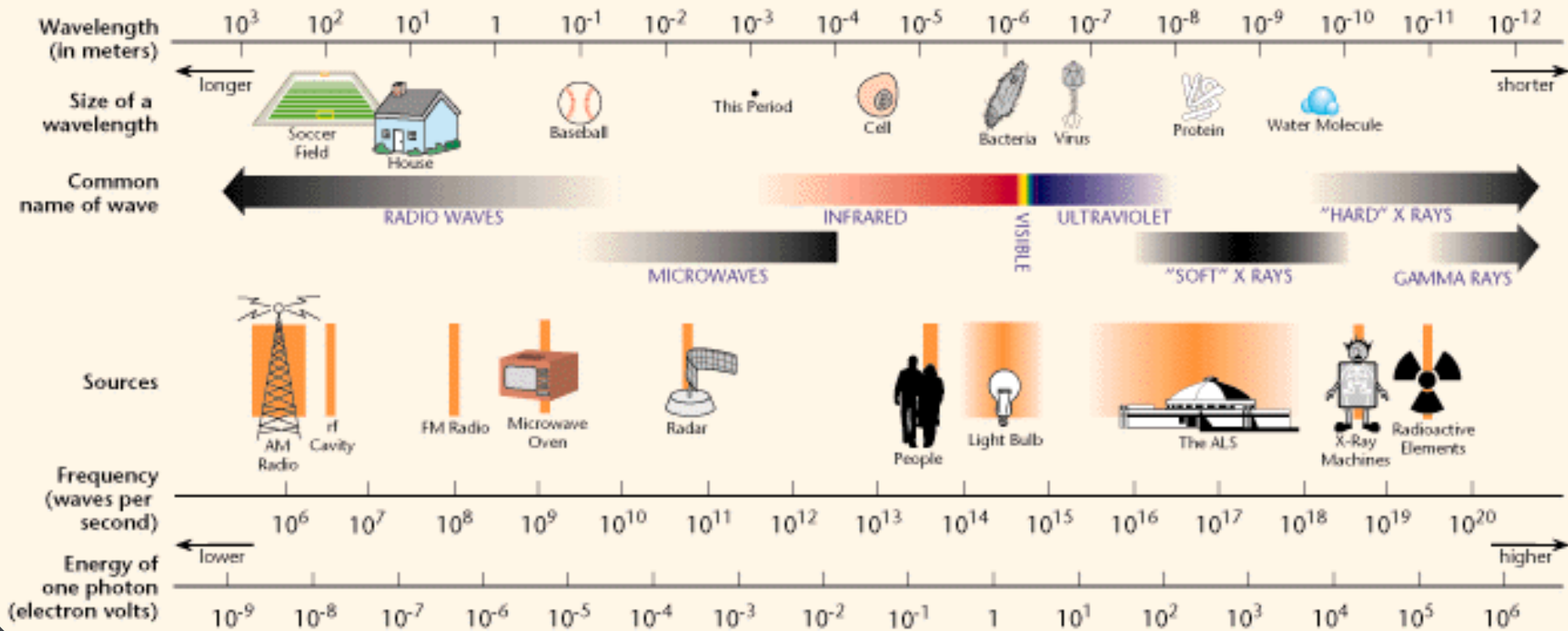


# Radiaciones

# ¿Qué es radiación?

- Es la propagación de energía a través del espacio.
- Puede ser en forma de radiación electromagnética
- O en forma de un flujo de partículas

# THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



# LA RADIACIÓN PUEDE SER:

SEGÚN SU

NATURALEZA:

ELECTROMAG-  
NETICA.

CORPUSCULAR.

SEGÚN SUS

EFFECTOS:

IONIZANTE.

NO IONIZANTE.

# Tipos de radiación según su forma de interacción con la materia

## Radiación Ionizante

Energía suficiente para liberar electrones de los átomos, producir ionización y romper enlaces químicos en moléculas orgánicas. Rayos cósmicos, Rayos X, Rayos gamma, Rayos ultravioleta....

## Radiación No Ionizante

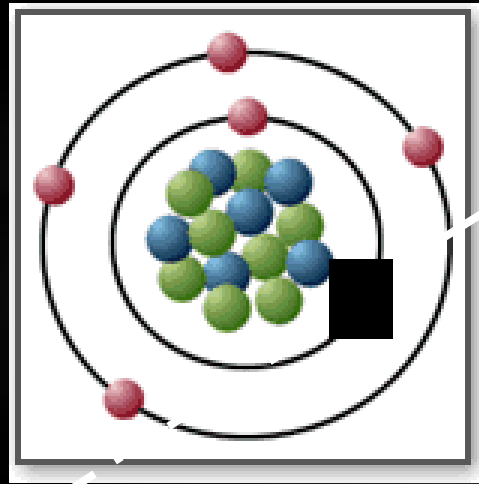
Su energía no es suficiente para liberar electrones de los átomos ni romper enlaces químicos

Energía electromagnética de RF, Radiación infrarroja y visible

# Fenómeno de Ionización



**FOTON  
Rx**



ION +

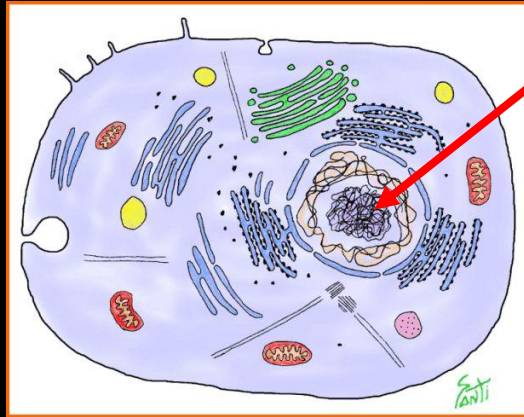
ION -  
e



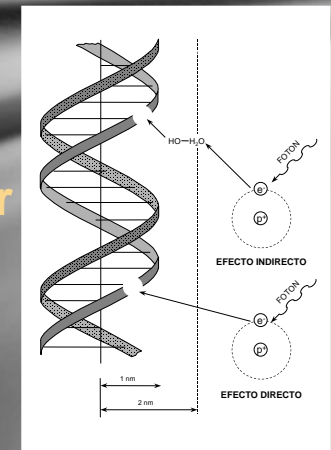
# Efectos Biológicos Directos



## Daño en las hélices del ADN

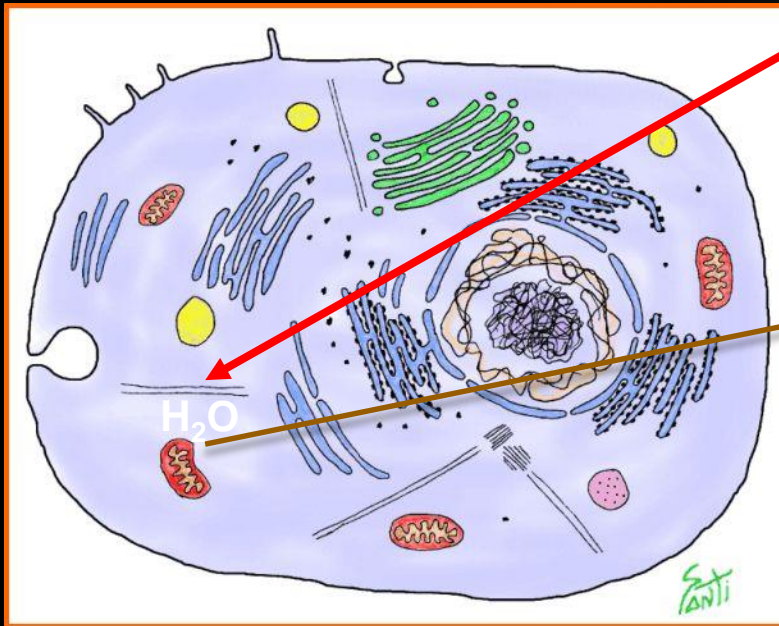


- A nivel celular, las células pueden:
- Inhibición de la reproducción celular
  - Reparación de la lesión acertada o fallida.
  - Muerte celular





# Efectos Biológicos Indirectos



H + OH

OH+OH = Peróxido de Hidrógeno



80% de agua

Tiempo

Respuestas precoces

Respuestas tardías

$10^{-15}$  s

$10^{-6}$  s

minutos

horas

días

años

generaciones

Respuestas inmediatas

Lesiones moleculares:  
(ADN, proteínas y lípidos)

No reparación

Efecto letal

Muerte celular no controlada (necrosis)

Patología tisular

Reparación defectuosa

MUTACIÓN NO LETAL

Anomalia hereditaria

cáncer

Muerte celular programada (APOPTOSIS)

Eliminación por el sistema inmunitario

Reparación correcta

Supervivencia celular normal (lo más frecuente)

Parada del ciclo celular (p53...)

Radiación ionizante

Efecto directo

Radiolisis del agua

Efecto indirecto

Radicales libres



**RADIACION NO IONIZANTES**

**(ONDAS ELECTROMAGNETICAS)**

## Clasificación de la radiación electromagnética

(En orden de frecuencia descendente o longitud de onda creciente)

Tipo de radiación	Características
No ionizante (óptica)	Excita los electrones e induce reacciones químicas (ultravioleta cercano, visible e infrarrojo)
No ionizante (a)	Induce corrientes y da origen al calentamiento de los tejidos (microondas y radio alta frecuencia)
No ionizante (b)	Prácticamente no produce calentamiento (frecuencias industriales y radio por debajo de 1 megahertz)

(p)  
No ionizante

1 megahertz)  
(frecuencias industriales y radio por debajo de  
Prácticamente no produce calentamiento

⦿ **Algunas frecuencias utilizadas en sistemas de comunicaciones habituales**

⦿ **Radiodifusión sonora en ondas medias: 300 KHz a 1600 KHz**

⦿ **Radiodifusión y radiocomunicación en onda corta: 3 a 30 MHz**

⦿ **Radiodifusión de televisión: VHF: 50 a 80 MHz**

**170 a 330 MHz**

**UHF: 450 a 850 MHz**

⦿ **Radiocomunicaciones: 150 MHz**

⦿ **Telefonía móvil: 450 MHz, 850 a 950 MHz y 1800 a 2200 MHz**

- ⦿ ...más sistemas de comunicaciones...
  - ⦿ Radioenlaces terrestres de
  - ⦿ microondas: Diversas frecuencias
  - ⦿ entre 1,2 GHz y 40 GHz.
  - ⦿ Televisión por satélite: 10 a 12 GHz.
  - ⦿ Radar: Desde alrededor de 1 GHz hasta cerca de 100 GHz
  - ⦿ Otras aplicaciones:
  - ⦿ Hornos de microondas: 2,45 GHz
  - ⦿ Controles de radio para apertura de puertas, electrodomésticos, etc: 450 MHz
- y otras aplicaciones médicas, industriales, etc.

# SALUD:

**Estado de completo bienestar físico, mental y social**

**OMS. 1946**

Health is a state  
of complete physical,  
mental, and social  
well-being and  
not merely the  
absence of disease  
or infirmity.



**1999**

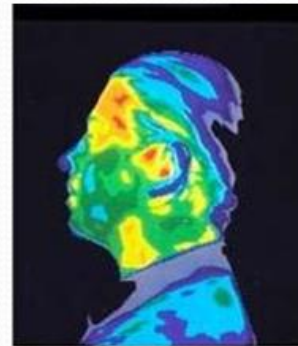
# ¿Son peligrosos los móviles?



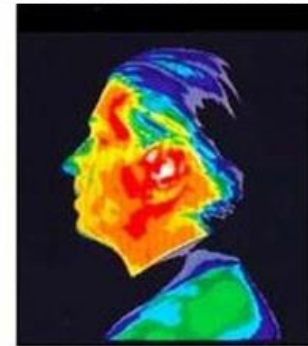


# RADIACIÓN NO IONIZANTE

- Los campos de radiofrecuencias de intensidad **superior a 1 MHz** causan sobre todo **calentamiento**.
- Los campos de radiofrecuencias de intensidad **inferior a 1 MHz** aproximadamente, inducen principalmente **cargas y corrientes eléctricas** que pueden estimular células de tejidos tales como los nervios y los músculos.
- Los campos de radiofrecuencias de más de **10 GHz** son **absorbidos** por la superficie de la piel, y es muy poca la energía que llega hasta los tejidos interiores.
- Para que la exposición a campos de más de **10 GHz** **produzca efectos perjudiciales** para la salud, tales como catarata ocular y quemaduras cutáneas, se requieren densidades de potencia superiores a **1000 W/m<sup>2</sup>**.



*Thermographic Image of the head with no exposure to harmful cell phone radiation.*



*Thermographic Image of the head after a 15-minute phone call. Yellow and red areas indicate thermal (heating) effects that can cause negative health effects.*

[http://2.bp.blogspot.com/\\_oyDwNIgAHXY/S7RmhraBI\\_I/AAAAAABABXM/3qd-X9pXnNE/s000/estres.electromagnetica03.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_oyDwNIgAHXY/S7RmhraBI_I/AAAAAABABXM/3qd-X9pXnNE/s000/estres.electromagnetica03.jpg)

# RADIACIÓN NO IONIZANTE

- La absorción por los tejidos de energía procedente de los campos de radiofrecuencias se mide como **coeficiente de absorción específica** en una masa tisular determinada. La unidad de absorción específica es el vatio por kilogramo ( $W/kg$ ). El coeficiente de absorción específica o tasa de absorción específica (SAR) es la cantidad dosimétrica básica para campos de radiofrecuencias de 1 MHz a 10 GHz aproximadamente.
- Para que se produzcan efectos perjudiciales para la salud en las personas expuestas a campos situados en este intervalo de frecuencia, se necesita un coeficiente de absorción específica de **4  $W/kg$** . Esos niveles de energía se encuentran a decenas de metros de potentes antenas de frecuencia modulada, situadas en el extremo de altas torres, es decir, en zonas inaccesibles.
- Los campos de radiofrecuencias **de menos de 1 MHz no producen calentamientos** apreciables.



[http://jovenes.es/wp-content/uploads/2008/11/radiationswewr4\\_1449.jpg](http://jovenes.es/wp-content/uploads/2008/11/radiationswewr4_1449.jpg)

Modelo	Modelos que irradian menos SAR Level (Digital)
1. Motorola StarTAC 7860	0.24
2. Qualcomm pdQ-1900	0.2634
3. Mitsubishi Trium Galaxy G-130	0.35
4. Motorola TalkAbout 2297	0.35
5a. Motorola ST7797	0.39
5b. Motorola T8097	0.39
5c. Motorola P8097	0.39
6. Motorola StarTAC 7790i	0.42
7. Motorola i1000plus	0.43
8a. Motorola G520	0.457
8b. Motorola M3682	0.457
9a. Ericsson KF-688	0.477
9b. Ericsson DF-688	0.477
10. Motorola M3097	0.53

1. Ericsson T28 World	1.49
2. Nokia Digital 5160	1.45
3. Nokia 5170	1.45
4. Denso TP 2200	1.44
5. Qualcomm QCP-1960	1.41
6. Sanyo SCP-4500	1.4
7. Sony CMB-1200, 2200, 3200	1.3906
8. Nokia 8860	1.39
9a. Motorola StarTAC 7867	1.38
9b. Motorola ST7767D	1.38
9c. Motorola Talkabout T8167	1.38
9d. Motorola Timeport P8167	1.38
10. Neopoint NP-1000	1.38

## Efectos a corto plazo

Las alteraciones más usuales pueden ser:

- Estrés.
- Pérdida de memoria, mente en blanco, estados de confusión.
- Dolor de cabeza persistente.
- Insomnio y trastornos del sueño.
- Ruidos y zumbido de oídos, mareos y vértigo.
- Ritmo cardíaco alterado, subida de la presión sanguínea.

## Efectos nocivos a largo plazo

- En casos de uso frecuente del móvil o exposición prolongada a las antenas se pueden hipotéticamente dar riesgos a largo plazo, entre otros:
- Pérdida de defensas en el sistema inmunitario. Alteración del ADN, con roturas de enlaces y destrucción de cromosomas.
- Incremento de tumores. El calentamiento de las células puede provocar la aparición de tumores cerebrales y/o acelerar su evolución. También se relaciona con el cáncer de piel.
- Permeabilidad cerebral, daños en la membrana celular y alteración de su función. Alteración de la comunicación intracelular.
- Reducción de melatonina, activación de proto-oncogenes, envejecimiento prematuro de la célula y muerte celular.
- Igualmente se ha relacionado con el Parkinson y el Alzheimer. Se estudia el avance de estas enfermedades con la contaminación producida por los Campos Electro-Magnéticos de alta y baja frecuencia, (líneas de alta tensión, ordenadores, electrodomésticos y los teléfonos móviles).
- En experimentos con ratones se ha demostrado que el ciclo de actividad y descanso (el ciclo circadiano) se invierte cuando se recibe una dosis de radiación equivalente a la del móvil.

## Casuística

- Un reportaje de la BBC trató del caso de un hombre de 35 años que no reconoce a su hijo recién nacido por los daños cerebrales recibidos al utilizar el teléfono móvil en su trabajo, cinco horas al día durante tres años.
- La compañía de seguros británica Lloyds rehusa asegurar los riesgos sanitarios de los teléfonos móviles.
- Los sindicatos británicos rechazan que ningún afiliado pueda ser obligado por la empresa a llevar o utilizar un teléfono móvil en la jornada laboral.
- Un magistrado de Murcia ha condenado recientemente a la empresa Iberdrola, (primera condena en España por la contaminación electromagnética).
- En ciertas localidades españolas se plantean demandas entre comunidades de vecinos, por lo que algunos ayuntamientos han empezado a limitar los permisos de instalación. (La radiación de microondas afecta más a los edificios que rodean la instalación que al propio inmueble).
- En aviones y en algunos hospitales no se puede utilizar el móvil para no alterar los sistemas electrónicos.

**El Consejo de Europa ha reconocido que "es absolutamente necesario proteger al ciudadano de efectos nocivos que pueden resultar de la exposición a ondas electromagnéticas" y plantea la necesidad de "adoptar una legislación sobre los campos electromagnéticos (CEM) para proteger de las radiaciones no ionizantes".**



**IARC - OMS**

**reconoce a las ondas electromagnéticas como potenciales  
agentes cancerígenos.**

# CLASIFICACIÓN ESTÁNDAR DE LA IARC

Compuestos o factores físicos evaluados por la IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) y clasificados en cuatro grupos, basándose en pruebas científicas existentes sobre carcinogénesis.

**Grupo 1: "carcinógeno para el ser humano"** Hay pruebas suficientes que confirman que puede causar cáncer a los humanos.

[Definición de la IARC y lista de compuestos](#)

**Grupo 2A: "Probablemente carcinógeno para el ser humano"** Hay pruebas suficientes de que puede causar cáncer a los humanos, pero actualmente no son concluyentes.

[Definición de la IARC y lista de compuestos](#)

**Grupo 2B: "Posiblemente carcinógeno para el ser humano"** Hay algunas pruebas de que puede causar cáncer a los humanos pero de momento están lejos de ser concluyentes.

[Definición de la IARC y lista de compuestos](#)

**Grupo 3: "No puede ser clasificado respecto a su carcinogenicidad para el ser humano"** Actualmente no hay ninguna prueba de que cause cáncer a los humanos.

[Definición de la IARC y lista de compuestos](#)

**Grupo 4: "Probablemente no carcinógeno para el ser humano"** Hay pruebas suficientes de que no causa cáncer a los humanos.

[Definición de la IARC y lista de compuestos](#)

# Descripción de las categorías de la clasificación estándar de la IARC

**Grupo 1:** "El agente (o mezcla) es *carcinógeno para el ser humano*. Las condiciones de la exposición conllevan exposiciones carcinógenas para el ser humano."

"Esta categoría se aplica cuando existen pruebas suficientes de carcinogenicidad en humanos. Excepcionalmente, un agente (o mezcla), puede ser incluido en esta categoría si las pruebas en humanos no son suficientes, pero sí lo son en animales de experimentación, y existen pruebas contundentes en humanos expuestos que el agente (o mezcla) actúa mediante mecanismos relevantes para la carcinogenicidad."

Algunos ejemplos son los asbestos, el benceno y la radiación ionizante.  
[Lista de agentes evaluados como grupo 1 hasta la fecha \[en\].](#)

**Grupo 2 (A y B):** en esta categoría están los agentes, las mezclas y las condiciones de exposición para los que se ha demostrado, en un extremo, que las pruebas sobre carcinogenicidad para los humanos son probablemente suficientes y, en el otro extremo, que no hay pruebas sobre carcinogenicidad para los humanos pero sí para los animales de laboratorio. Los agentes, las mezclas o las condiciones de exposición se clasifican en el grupo 2A (probablemente carcinógeno para el ser humano) y el 2B (posiblemente carcinógeno para el ser humano) según pruebas epidemiológicas o de laboratorio sobre carcinogenicidad y otros datos importantes.

**Grupo 2A:** "El agente (o mezcla) es *probablemente carcinógeno para el ser humano*. Las condiciones de la exposición conllevan exposiciones probablemente carcinógenas para el ser humano. "

"Esta categoría se usa cuando existen pruebas limitadas de la carcinogenicidad en humanos y pruebas suficientes de la carcinogenicidad en experimentación animal. En algunos casos, un agente (o mezcla) puede ser incluido en esta categoría si existen pruebas inadecuadas de carcinogenicidad en humanos y pruebas suficientes de carcinogenicidad en animales de experimentación, existiendo una fuerte evidencia de que en la carcinogénia están implicados mecanismos que también operan en el ser humano. Excepcionalmente, un agente, mezcla o condición de exposición puede ser clasificado en esta categoría únicamente en base a pruebas limitadas de carcinogenicidad en humanos."

Algunos ejemplos son los gases de escape de motores diesel, la formaldehida y los PCB.  
[Lista de agentes evaluados como grupo 2A hasta la fecha \[en\].](#)

**Grupo 2B:** "El agente (o mezcla) es *posiblemente carcinógeno para el ser humano*."

"Las condiciones de la exposición conllevan exposiciones posiblemente carcinógenas para el ser humano. Esta categoría incluye agentes, mezclas o condiciones de exposición para los que existen pruebas limitadas de carcinogenicidad en humanos y pruebas insuficientes de carcinogenicidad en experimentación animal. También puede ser utilizada cuando existan pruebas inadecuadas de carcinogenicidad en humanos pero suficientes de carcinogenicidad en experimentación animal.

Ocasionalmente, un agente, mezcla o condición de exposición para los que existan pruebas inadecuadas de carcinogenicidad en humanos pero limitadas de carcinogenicidad en animales de experimentación junto con otros datos significativos de apoyo, puede ser incluido en este grupo."

Algunos ejemplos son la lana de vidrio, el estireno y los gases de escape de los motores de gasolina.  
[Lista de agentes evaluados como grupo 2B hasta la fecha \[en\].](#)

# Mobile Phone Use and Risk of Brain Neoplasms and Other Cancers

## Prospective Study

Victoria S Benson, Kirstin Pirie, Joachim Schüz, Gillian K Reeves, Valerie Beral, Jane Green

### Disclosures

Int J Epidemiol. 2013;42(3):792-802.

## Abstract and Introduction

### Abstract

**Background** Results from some retrospective studies suggest a possible increased risk of glioma and acoustic neuroma in users of mobile phones.

**Methods** The relation between mobile phone use and incidence of intracranial central nervous system (CNS) tumours and other cancers was examined in 791 710 middle-aged women in a UK prospective cohort, the Million Women Study. Cox regression models were used to estimate adjusted relative risks (RRs) and 95% confidence intervals (CIs). Women reported mobile phone use in 1999 to 2005 and again in 2009.

**Results** During 7 years' follow-up, 51 680 incident invasive cancers and 1 261 incident intracranial CNS tumours occurred. Risk among ever vs never users of mobile phones was not increased for all intracranial CNS tumours (RR = 1.01, 95% CI = 0.90–1.14,  $P = 0.82$ ), for specified CNS tumour types nor for cancer at 18 other specified sites. For long-term users compared with never users, there was no appreciable association for glioma (10+ years: RR = 0.78, 95% CI = 0.55–1.10,  $P = 0.16$ ) or meningioma (10+ years: RR = 1.10, 95% CI = 0.66–1.84,  $P = 0.71$ ). For acoustic neuroma, there was an increase in risk with long term use vs never use (10+ years: RR = 2.46, 95% CI = 1.07–5.64,  $P = 0.03$ ), the risk increasing with duration of use (trend among users,  $P = 0.03$ ).

**Conclusions** In this large prospective study, mobile phone use was not associated with increased incidence of glioma, meningioma or non-CNS cancers.

# RADIACIÓN NO IONIZANTE

- El principio de precaución.
- El evitamiento prudente.
- ALARA (as low as reasonably achievement) (tan bajo como sea razonablemente posible)



<http://davinci.crg.es/radioactivitat/images/warningi.gif>

# CONCLUSIONES

## Radiación No Ionizante

No produce ionización, los únicos efectos biológicos claramente comprobados son por calentamiento de los tejidos.

No hay, hasta ahora, ninguna evidencia concluyente que permita asociar la radiofrecuencia con ningún tipo de cáncer.

Sin embargo...

**“Hay actualmente cierta evidencia de que pueden ocurrir efectos biológicos con bajos niveles de radiación de RF.”**

# GRACIAS

[alachosd1271@yahoo.com](mailto:alachosd1271@yahoo.com)

[www.dralbertolachos.com](http://www.dralbertolachos.com)

cel. 998 845-631