

## **Contaminación Electromagnética Causada por la Telefonía Celular y los Artefactos Cotidianos**

Juan C. Luján, Nadim Neme

CEDIA, UTN - Facultad Regional Tucumán, Rivadavia 1050 (4.000) Tucumán - jclujan53@yahoo.com.ar

**Resumen** - El presente trabajo consiste en una numerosa cantidad de mediciones de campos electromagnéticos emitidos por diversos artefactos usuales en casas, laboratorios, talleres, oficinas, consultorios médicos, hogares, interior de automóviles, ambientes abiertos, vía pública, etc.

Se analizaron como fuentes emisoras de ondas electromagnéticas teléfonos celulares de distintas marcas comerciales, sistemas de Wi Fi domiciliarios, teléfonos inalámbricos, modem para internet, monitores de rayos catódicos y de cristal líquido, afeitadoras eléctricas, licuadoras, hornos de microondas, lámparas de bajo consumo, tubos fluorescentes, lámparas de filamento y otros artefactos, estudiándose la variación del campo electromagnético a diferentes distancias de las fuentes emisoras.

Estos estudios constituyen una base de información precursora de una investigación orientada a establecer si los campos eléctricos encontrados pueden producir efectos adversos en algunos seres vivos incluyendo el hombre; la investigación biológica se encuentra paralelamente transitando los estadios iniciales. Ya se encontraron algunos efectos apreciables, aunque otros tal vez se manifestarán a largo plazo, ya que los efectos adversos en los seres vivos requieren de varias generaciones de control.

Se utilizó un medidor de inmisión electromagnética normalizado y un circuito antena compuesto por espiras de cobre y diodos de germanio de baja impedancia, entre otros instrumentos.

Llamó la atención la elevada intensidad de campos en los antiguos celulares analógicos, en las lámparas de bajo consumo, las pantallas de rayos catódicos y los motores universales de afeitadoras y licuadoras; además se desestimó la importancia de los efectos térmicos causados por los teléfonos celulares móviles.

**Palabras clave:** Radiación Electromagnética, Campo Eléctrico, Teléfonos Celulares, Microondas

**Abstract** - The present study is a large number of measurements of electromagnetic fields emitted by various artifacts common in houses laboratories, workshops, offices, medical offices, homes, automotive interior; outdoors, indoor, etc..

Were analyzed as sources emitting electromagnetic waves of different cell phones trademarks, home Wi Fi systems, cordless telephones, internet modem, CPU monitors and liquid crystal, electric shavers, blenders, microwaves, lamps low consumption, fluorescent tubes, filament lamps and other artifacts, studying the variation of the electromagnetic field at different distances from the emission sources.

These studies provide an information base precursor of an investigation to establish whether the electric fields found, can cause side effects in some living beings including humans, biological research is traveling parallel the early stages, and found some significant effects, although others may surface in the long term, as the adverse effects on living organisms require control of several generations.

We used a standard electromagnetic inmission meter and an antenna circuit comprising copper coils and germanium diodes low impedance among other instruments.

He drew attention to the high intensity areas in the old analog phones, in energy saving lamps, cathode ray screens and universal motors for electric shavers and blenders, besides rejecting the importance of thermal effects caused by mobile phones .

**Keywords:** electromagnetic radiation, electric field, cellular phones, microwave

## INTRODUCCIÓN

Organismos mundiales de Salud como la OMS, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer IARC y otros anunciaron recientemente en Lyon, Francia, que la emisión de los celulares podría llegar a ser posible factor cancerígeno para las personas (Baldauf, Herschelein, 2002).

Dichos organismos de salud atribuyen posibles casos de cáncer a los campos electromagnéticos que son generados por las radiofrecuencias utilizadas por los celulares, afirmando que estos campos aumentan un 40% las probabilidades de aparición de gliomas (cáncer cerebral) en las personas que hayan utilizado más de treinta minutos por día un móvil durante diez años según OMS.

Según las pruebas reunidas por un grupo de investigadores de la OMS, se puede decir que hasta ahora la emisión de los móviles se situaría en la categoría 2B. Estas son categorías donde se colocan las evidencias limitadas sobre la posibilidad de aumentar el riesgo de contraer cáncer en los humanos (por ejemplo el grupo 2A son los probablemente carcinógenos y el 1A son los que ya tienen evidencia suficiente). Con esta clasificación podemos decir que las emisiones de los celulares entran en la misma categoría que otros 400 factores ambientales como sustancias químicas, exposiciones laborales, agentes físicos y biológicos, virus oncógenos y demás (Balmori, 2003; Kiernan, 1995).

A todo esto, se puede decir que lo que se está tratando de demostrar es que puede existir una probable relación entre las emisiones celulares y el aumento en las probabilidades de contraer ciertos tipos de cáncer (Haumann, 2002). Es por eso que se están realizando estudios a largo plazo para saber más sobre esta situación y lograr controlar así esta peligrosa relación entre las emisiones de los celulares y el cáncer. Con esto no se quiere decir que los celulares sean malos para las personas, pero por ahora se recomienda tener una menor exposición directa con los móviles utilizando más el manos libres o los mensajes de texto.

Hay algunas evidencias relacionadas con daños en áreas forestales cercanas a los radares meteorológicos y aeronáuticos donde la vegetación sufre efectos adversos por la influencia de las microondas (Hüttermann, 1987; Kiernan, 1995; New Scientist, 2002).

No hay consenso sobre los efectos térmicos de los teléfonos celulares en los seres humanos, pero hay sospechas que las longitudes de onda de los mismos entrarían en sintonía con algunos circuitos neuronales produciendo efectos de consecuencias desconocidas (Hyland, 2000).

Dada la complejidad que implica realizar experiencias con seres superiores (humanos, ratas, monos), en el CEDIA de la Universidad Tecnológica se optó por estudiar la influencia de las radiaciones electromagnéticas emitidas por teléfonos celulares sobre bacterias y levaduras en plena fase de multiplicación, como así también el efecto sobre la germinación de semillas de algunas plantas, el crecimiento en sus estadios iniciales y la fertilidad de las siguientes generaciones.

También se estudia la permeabilidad de la cabeza de chanchos (post mortem) a la radiación de los celulares utilizando medidores de campo eléctrico y de potencia electromagnética por unidad de área con sondas de sensibilidad apropiada.

El trabajo contiene una primera etapa que contempla la medición de parámetros físicos y la segunda incursiona en experiencias biológicas con organismos vivos.

Actualmente se están realizando las primeras pruebas con lotes reducidos de seres humanos voluntarios cuyos resultados serán objeto de próximas publicaciones.

## EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Puede verse en la Fig. 1 la lejanía existente entre las frecuencias de los celulares y las radiaciones ionizantes. Estas últimas van desde el ultravioleta, pasando por los rayos X hasta los letales rayos gamma, en tanto que, si nos referimos a las radiaciones infrarrojas, éstas tienen aplicaciones terapéuticas en el tratamiento de enfermedades artríticas y reumáticas, lo cual habla de su relativa inocuidad, siempre y cuando por su cercanía y tiempos de exposición no provoquen quemaduras de la piel.

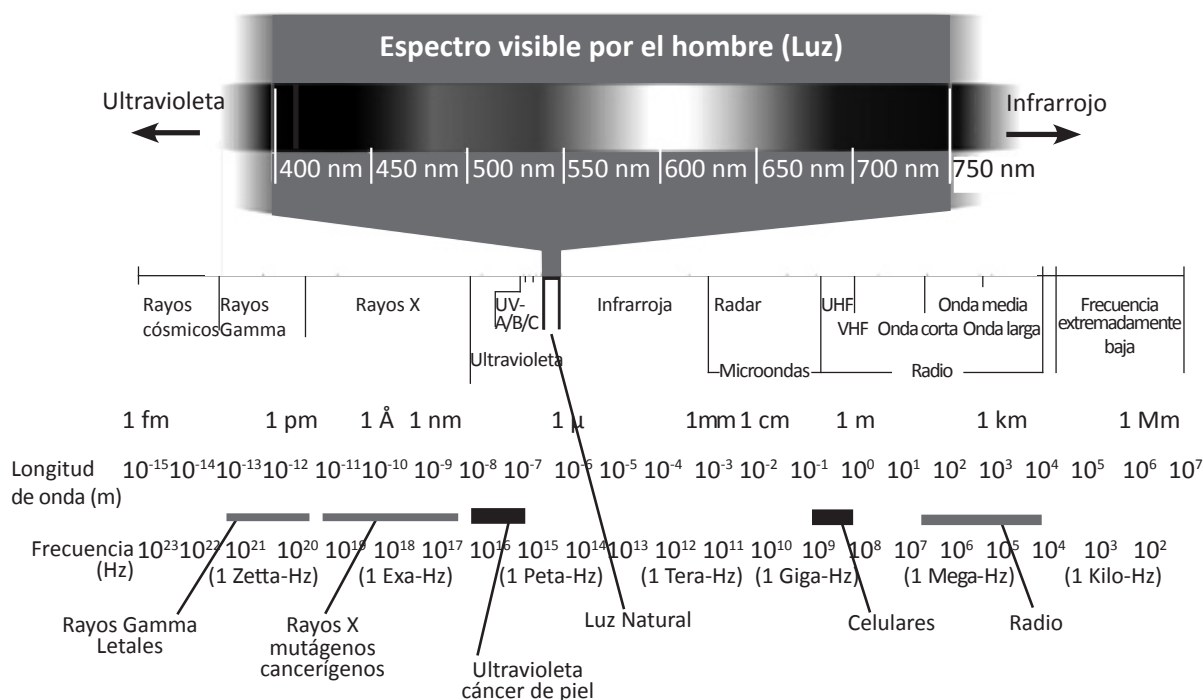


Figura 1 - Espectro electromagnético con las posiciones relativas de las ondas de radio hasta los rayos gamma, pasando por la región visible de la luz natural

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los siguientes equipos y elementos:

- Medidor de Campo Electromagnético NARDA EMR 300, 100 KHz a 3 GHz.
- Sensor de antena a cuadros con espiras y puente de diodos de germanio de baja impedancia con un tester digital.
- Galvanómetro de cuadro móvil de 25 micro amperes.
- Celulares Microtac Lite SNN5066A "Motorola" analógicos, potencia 36 mW frecuencia de emisión constante 848,97 MHz, con antena unifilar de 8 cm.
- Celulares Motorola digital C700.
- Celulares Motorola digitales Pace XT.
- Celulares Nokia digitales YGC9615.
- Teléfono Inalámbrico Panasonic.
- Modem Wi Fi Hawaii.
- Tester digital con termocupla.
- Termómetro clínico.
- Termómetro de alcohol-vidrio.
- Equipo de Microondas Philco 850 W.
- Horno de Microondas Westinghouse de 700 W y 2.400 MHz.
- Televisores JVC, Philips, Phillips.
- Netbook marca INTEL.
- Monitores de rayos catódicos IBM.
- Cámara de Irradiación de Polipropileno.

Fuente Emisora * emitiendo	Distancia ( cm )	Intensidad de campo E (V/m)	Densidad Superficial de Potencia (mW/cm <sup>2</sup> )	Amperes/metro
Campo Eléctrico Base en el Lugar	-----	0,20	0,07	0,007
Cel. Microtac Mo- torola St By	0	0,80	0,40	0,030
Cel. Microtac Motorola emit. *	0	Antena 72 Auricular 60	130	0,320
Cel. Microtac Motorola emit. *	10	32	55	0,084
Cel. Microtac Motorola emit. *	20	22	35	0,057
Cel. Microtac Motorola emit. *	30	18	18	0,040
Cel. Microtac Motorola emit. *	50	8	11	0,024
Cel. Microtac Motorola emit. *	100	4	5	0,014
Cel. Nokia en stand by a 0 cm	0	Frente 0,41 Dorso 0,14	0,21	0,014
Celular Nokia emi- tiendo	0	2,04	3,06	0,043
Celular Nokia emi- tiendo	10	0,06	1,07	0,013
Celular Motorola 707 stand by	0	0,50	0,20	0,010
Cel. Motorola 707 emitiendo *	0	2,10	3,20	0,055

*Tabla 1 - Mediciones de Campo Eléctrico y Potencias emitidos por tres tipos de teléfonos celulares en modos de stand by. y emitiendo a diferentes distancias*

- Lámpara germicida 6 W, 254 nm radiación ultravioleta actínica.
- Afeitadoras Philipshave HP 1606.
- Caja metálica 40 cm x 20 cm, x 15 cm con tapa rebatible para ser usada como jaula Faradayca.

### MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELECTRO MAGNÉTICOS EN CELULARES

En la Tabla 1 pueden observarse las siguientes singularidades:

La intensidad de los tres parámetros electromagnéticos consignados decrece exponencialmente al aumentar la distancia entre el celular emitiendo y el sensor de campo.

La intensidad del campo eléctrico del celular analógico es 36 veces mayor que la del celular digital, en

<b>Ensayo</b>	<b>Campo Eléctrico E (V/m)</b>	<b>Campo Eléctrico Trans Material (V/m)</b>	<b>Atenuación</b>
Celular emitiendo a 0 cm del sensor	75 sin obstáculo	60 (cartón de 1 mm)	20 %
Celular emitiendo a 0 cm del sensor	75 sin obstáculo	50 (vidrio 1 mm )	33 %
Celular emitiendo a 6 cm del sensor	27 sin obstáculo	0 (lámina de Al de 10 µm de espesor)	100 %
Celular emitiendo a 6 cm del sensor	27 sin obstáculo	8,29 (cráneo porcino trans hueso frontal)	69,3 % permeado 30,7%
Celular emitiendo a 6 cm del sensor	27 sin obstáculo	15 (cráneo porcino por conduct. auditivo)	43,0 % permeado 57,0 %

**Tabla 2** - Se mide la atenuación del CEM con diferentes materiales y un cráneo porcino por vía frontal y a través del conducto auditivo. (\*) Celular analógico Microtac

<b>Fuente Emisora</b>	<b>Distancia (cm)</b>	<b>Intensidad de Campo E (V/m)</b>	<b>Densidad Superficial de Potencia (mW/cm<sup>2</sup>)</b>
Monitor Rayos Catódicos	0	12,72	14
Monitor Rayos Catódicos	40	3,40	2,000
Monitor de Cristal Líquido	0	0,20	0,001
Afeitadora Eléctrica	0	12,3	0,011
Licudadora	20	28,9	22
Fuente para Recargar Pilas	20	1,21	0,970
Horno Microondas frente visor, 2450MHz	20	2,20	1,320
Celular Analóg	0	60	130
Celular Digital	0	2,03	3,06
Lámpara Bajo Consumo 25 W	0	280	18
Lámpara Bajo Consumo 25 W	20	5,0	0,12
Lámpara Bajo Consumo 25W	40	1,0	0,050
Lámpara Filament. 60 W	0	1,03	0,003
Lámpara Filament 60 W	40	0,14	0,001
Central Tel. Inalámbrica St By	0	0,007	0,000
Central Telefónica Inalámbrica en llamada	0	0,047	0,001

**Tabla 3** - Mediciones de Campo Eléctrico y Potencias emitidos por otros artefactos domésticos

tanto que la densidad de potencia es 43 veces mayor, lo cual indica que con la tecnología digital se redujeron las intensidades de energía que reciben los seres humanos cuando utilizan los teléfonos celulares.

Aún así las densidades de potencia de los celulares digitales siguen siendo elevadas si se tienen en cuenta algunos estándares propuestos por organizaciones de salud humana de la comunidad europea.

También de la Tabla 1 puede observarse la brusca caída del campo eléctrico cuando retiramos el sensor de la fuente radiante, lo cual resulta compatible con la recomendación de la Organización Mundial de la Salud de utilizar dispositivos de manos libres para alejar los celulares de sectores muy sensibles a las radiaciones tales como las glándulas tiroideas, las paratiroides, las parótidas y el cerebro, ya que este último recibe la radiación en forma directa a través del conducto auditivo.

No obstante el alejamiento del celular debería acompañarse de otra medida precautoria: la colocación de una lámina de aluminio de 10 micrones de espesor dentro de la funda del celular interpuesta entre el celular y el cuerpo de la persona que lo porta.

La lámina de aluminio debe cortarse con una tijera común, según la geometría y medida interna de la funda, y la pantalla del celular debería colocarse orientada hacia el cuerpo del portador, de modo que la antena emisora quede orientada en sentido opuesto al cuerpo humano.

### **PRUEBAS DE ATENUACIÓN DE CAMPOS**

A continuación se estudia la atenuación de la intensidad del campo electromagnético al atravesar vidrio, papel, lámina de aluminio y un cráneo porcino recién faenado.

El ensayo se realiza con un celular Microtac Motorola con antena mono filar desplegada en modo de emisión continua y se colocan los materiales de atenuación envolviendo la antena y parte de la zona de audífono, mostrándose los resultados en la Tabla 2.

Como podrá observarse las radiofrecuencias emitidas por el celular, dada su larga longitud de onda, demuestran poca capacidad de penetración sobre los materiales ensayados, encontrándose atenuaciones bajas de un 20 % para una lámina de cartón de 1 mm, llegando a valores de 69,3 % para el cráneo porcino por vía frontal y siendo absolutas a través de una lámina de aluminio de 10 micrones, es decir un 100 % de atenuación.

### **MEDICIONES DE CAMPOS EMITIDOS POR OTRAS FUENTES COTIDIANAS**

Se realizaron mediciones de emisión de campos electromagnéticos de monitores de rayos catódicos, afeitadoras eléctricas, licuadoras de cocina, hornos de microondas, lámparas de bajo consumo, centrales telefónicas de Wi Fi y otros artefactos que nos rodean en la vida diaria. Los resultados se exponen en la Tabla 3 mostrando campos eléctricos y densidades superficiales de potencia muy intensos, y varias veces por encima de los valores registrados en las pruebas con teléfonos celulares y centrales caseras de Wi Fi. Altas intensidades se registraron con lámparas de bajo consumo, licuadoras, afeitadoras y monitores de rayos catódicos. No así en los monitores de cristal líquido ni en las lámparas de filamento, independientemente de la potencia de estas últimas, aunque en el mercado cotidiano podría decirse que se encuentran en extinción y su comercialización es cada vez mas reducida.

### **MEDICIONES COMPARATIVAS LLAMANDO DESDE AUTOMÓVILES**

Se realizaron mediciones de intensidad de campo con celulares llamando desde el interior de automóviles cerrados y se las comparó con llamadas en playa abierta en los mismos sitios, encontrándose diferencias apreciables entre ambas, las cuales pueden verse en la Fig. 2. Además se realizaron pruebas dinámicas llamando desde automóviles que se alejaban de antenas de telefonía celular, encontrándose una elevación de las intensidades de emisión en dichos casos. También se hizo lo propio desde cajas metálicas cerradas con el celular adentro, comparándose con llamadas realizadas en el exterior de las cajas.

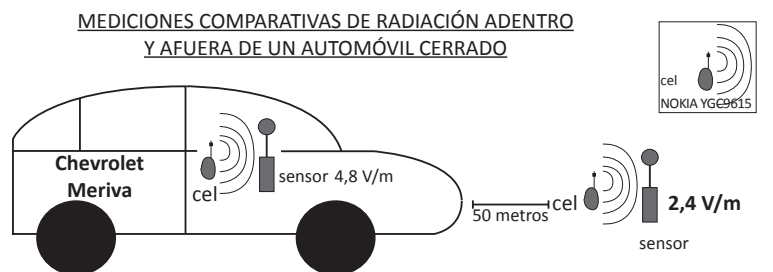


Figura 2 - Comparación al emitir desde el interior de un automóvil y hacerlo afuera

En la Tabla 4 puede observarse que la intensidad del campo eléctrico se duplica al llamar con un celular desde el interior de un automóvil (5,5 / 2,4) mientras que se quintuplica si el celular se encuentra dentro de una estructura metálica tal como una caja o una jaula. Otro tanto ocurre con la densidad de potencia, que se cuadruplica si comparamos una llamada realizada desde una playa abierta contra una llamada desde adentro de un auto o de un colectivo de pasajeros.

Fuente Emisora	Distancia (cm)	Intensidad de Campo E (V/m)	Densidad Superfíc Potencia(mW/cm <sup>2</sup> )
Llamando dentro de automóvil, celular digital	0	5,5	0,038
Llamando fuera de automóvil, celular digital	0	2,4	0,010
Celular Analógico llamando desde caja metálica cerrada	0	150	-----
Celular digital llamando desde caja metálica cerrada	0	29	-----

Tabla 4 - Parámetros comparativos de emisión por efecto faradáyco, al emitir desde el interior de estructuras metálicas, automóvil y caja de metal totalmente cerrada

### EFFECTOS TERMICOS DE LOS TELÉFONOS CELULARES

En la siguiente sección se estudia el calor y la temperatura producidos sobre tejidos biológicos cuando están expuestos al celular durante la emisión de ondas causadas por una llamada telefónica.

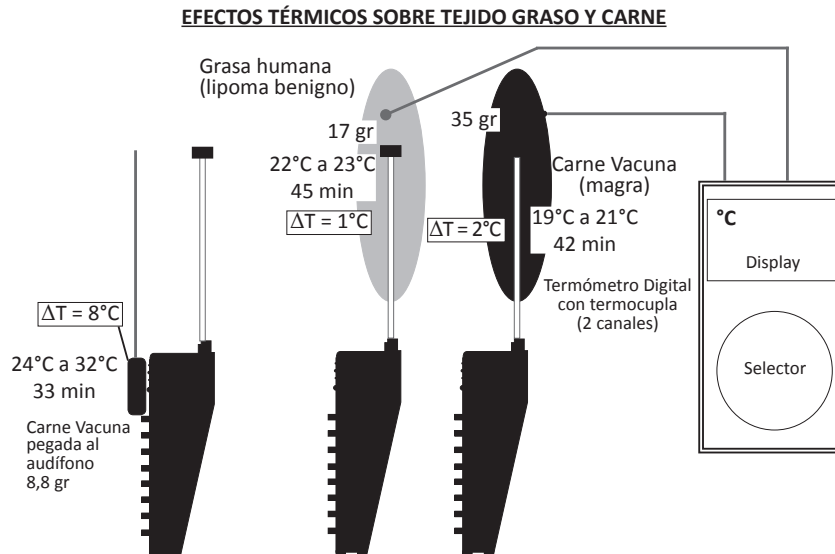
Los resultados se resumen en la Fig. 3.

Como podrá observarse en dicha figura, los tejidos biológicos insertados en la antena durante llamadas largas (de más de 40 minutos) sólo alcanzan a incrementar 2°C la temperatura de la carne y sólo 1°C la temperatura de la grasa.

No obstante, si se adhiere la carne a la rejilla del audífono impidiendo la salida del aire caliente del interior del celular, al impedir la disipación del calor, el tejido se calienta 8°C alcanzando una temperatura final de 32°C, mientras que en el interior del celular la temperatura llega a 41°C.

Debe considerarse que, a diferencia del pabellón auditivo humano que posee capacidad de disipación a través de la circulación sanguínea y la evapotranspiración, la carne vacuna y la grasa, al no estar integradas in vivo al sistema circulatorio, no poseen la posibilidad de evacuar el calor por dicha vía.

Con estos ensayos experimentales se demuestra que los celulares no pueden ejercer efectos térmicos significativos dentro del cuero cabelludo y menos aun en el interior del cráneo humano que puede atenuar entre un 43% y 69% el campo de radiación del teléfono celular.



**Figura 3** - Incrementos comparativos de temperatura producidos por un celular analógico, sobre carne vacuna y grasa humana, en la zona de antena y pegado al auricular durante llamadas de larga duración

## ENSAYOS CON HUMANOS

Se realizaron 25 ensayos con personas voluntarias a las cuales se les midió con un termómetro clínico la temperatura bucal - sublingual antes y después de una llamada de 30 minutos.

Las personas estaban en reposo y no se encontraron incrementos superiores a 0,1°C, lo cual evidencia que los efectos térmicos son irrelevantes, y se corresponde con los ensayos in-Vitro realizados con carne vacuna.

## ESTUDIOS BIOLÓGICOS PARALELOS Y POSTERIORES

Paralelamente a las mediciones físicas realizadas en este trabajo se están llevando estudios biológicos de largo plazo en los siguientes rubros:

- Germinación de semillas bajo la influencia de los campos de celulares, la viabilidad posterior y las variaciones genéticas ocurridas en plantas de 3 generaciones.
- Cinética metabólica mitocondrial de levaduras sobre sacarosa y glucosa.
- Acción de las RF (radio frecuencias) sobre las proteínas biológicas (albúmina de huevo) y azúcares simples (glucosa y sacarosa).
- Irradiación de huevos de gallina y seguimiento veterinario de pollos nacidos hasta el estadio adulto.
- Estadísticas de neoplasias de cerebro, cabeza y cuello sobre humanos con uso crónico del celular.
- Estudios hematológicos por punción del lóbulo de la oreja humana pre y post llamadas telefónicas de larga duración.
- Estudios de reacción dérmica y fragilidad capilar en personas sanas y personas alérgicas con alteraciones de los factores de coagulación.



## CONCLUSIONES

- Los celulares no son la única fuente de radiación de microondas presentes en ambientes cotidianos.
- Una lámpara de bajo consumo puede provocar campos 140 veces más intensos que un celular digital en llamada.
- La radiación emitida por los teléfonos celulares no calienta los materiales orgánicos ni biológicos aún en exposiciones prolongadas dado que no entran en resonancia con las frecuencias de los movimientos oscilatorios de las moléculas de agua y otras.
- Las radiaciones de los teléfonos celulares se encuentran muy alejadas del rango de frecuencias ionizantes o excitadoras de orbitales electrónicos de las moléculas.
- El cráneo resulta muy impermeable a la radiación de telefonía celular atenuando entre un 25% y un 70% según la ubicación del teléfono celular.
- Los celulares digitales emiten intensidades de campo 40 veces menores que los analógicos. Sin embargo siguen siendo cuestionados por algunos organismos europeos reguladores de la contaminación electromagnética.
- Hablar por celular dentro de estructuras metálicas multiplica varias veces la exposición a su radiación.
- Hasta que haya evidencias biológicas contundentes sobre la nocividad de los celulares, puede aconsejarse como prevención el uso de dispositivos de manos libres y una lámina de aluminio interpuesta entre el celular y el cuerpo para reducir la exposición a las ondas electromagnéticas. Colocar una lámina de aluminio entre el celular y el cuerpo apantalla muy bien la radiación que emite dicho equipo.

El estado actual de las investigaciones desconoce en profundidad los mecanismos biológicos resultantes de la interacción entre las ondas de radio y los seres vivos. La contaminación electromagnética ha aumentado en varios órdenes de magnitud con el crecimiento de la telefonía inalámbrica.

Los campos electromagnéticos están alterando nuestro mundo mediante vías que no comprendemos bien todavía.

## REFERENCIAS

- Baldauf, Herschlein, Sörgel y Wiesbeck, "Safety distances in mobile communications. 2<sup>nd</sup> International Workshop on Biological effects of EMFS". Rhodes, Greece, October, (2002).
- Balmori, "Aves y telefonía móvil. Resultados preliminares de los efectos de las ondas electromagnéticas sobre la fauna urbana". *El Ecologista* 36: 40.42, (2003).
- Kiernan, "Forest grows tall on radio waves". *New Scientist* 14: 5, (1995).
- Haumann, Münzenberg, Maes y Sierck, HF Radiation levels of GSM cellular phone towers in residential areas. 2<sup>nd</sup> International Workshop on Biological effects of EMFS. Rhodes Greece, October, (2002).
- International Workshop on Biological effects of EMFS. Rhodes Greece, October, (2002).
- Hüttermann, "On the question of a possible contribution to new types of forest damage by electromagnetic radiation". *Der Forst -u. Holzwirt*, 23. November, (1987).
- Hyland, "Physics and biology of mobile telephony". *The Lancet* 356: 1 - 8, (2000).