

# EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS MICROONDAS EN EL RANGO DE FRECUENCIAS DE LA TELEFONÍA CELULAR

Moya Douglas, Prof.  
Pachacama Edison

Departamento de Física  
Escuela Politécnica Nacional

## 1. INTRODUCCIÓN

Se introduce una visión desde la Mecánica Cuántica para aclarar conceptos y relaciones entre la intensidad de radiación y la energía de los fotones. La interacción entre la radiación y la materia es de carácter cuántico, lo que demanda una mejor apreciación de los proveedores de servicios de telefonía móvil y de quienes deben controlar que tal servicio se ajuste a las normas técnicas de los países del primer mundo.

Para lograr este propósito se hace una rápida exposición de los efectos térmicos y sus consecuencias a nivel del cerebro y en los mecanismos de transmisión de energía de las moléculas de proteínas y cómo se afectan procesos biológicos fundamentales ligados a los procesos de metabolización y de síntesis de proteínas necesarias a la vida.

Se expone un probable mecanismo que origina la genotoxicidad observada por varios investigadores.

## 2. CARÁCTER CORPUSCULAR DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los campos electromagnéticos se propagan según las ecuaciones de Maxwell, en el vacío toman la forma de:

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (2.1)$$

con el flujo de potencia como:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (2.2)$$

Cuyo módulo es la intensidad de radiación

$$I = \frac{|\vec{E}|^2}{Z_0} = |\vec{H}|^2 Z_0 \quad (2.3)$$

$$y Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad (2.4)$$

Es la impedancia característica del vacío.

La Densidad de Energía [Joule/m<sup>3</sup>] es:

$$\mathcal{E} = \epsilon_0 |\vec{E}|^2 \quad (2.5)$$

y para una onda monocromática

$$\int_R \mathcal{E} d^3x = \int \epsilon_0 |\vec{E}|^2 d^3x = N \hbar \omega \quad (2.6)$$

donde N es el número de fotones de energía, siendo

$$\hbar \omega, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} \quad \text{con} \quad h = 6.626 \times 10^{-34}$$

*joule\*seg* como la constante de Planck y  $\omega = 2\pi f$  la frecuencia angular, con  $f$  la frecuencia en Hz

La ecuación (2.6) podemos escribirla como:

$$\int_R \frac{\epsilon_0}{N \hbar f} |\vec{E}|^2 d^3x = 1 \quad (2.7)$$

$$\text{Introduciendo } \bar{\psi} = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{N \hbar f}} \vec{E} \quad (2.8)$$

y dado que  $\vec{E}$  es un vector complejo, la ecuación (2.7) queda como

$$\int_R \bar{\psi}^* \cdot \bar{\psi} d^3x = \int_R |\bar{\psi}|^2 d^3x = 1 \quad (2.9)$$

$\psi$  es un espinor cuyo módulo al cuadrado representa la densidad de probabilidad de hallar un fotón en un elemento de volumen  $d^3x$ .

$$|\psi|^2 = \rho(\vec{x}) \quad (2.10)$$

Así queda establecido que el campo eléctrico es proporcional a la función de onda spinorial  $\psi$ .

La función de onda (2.1) se escribe, reemplazando (2.8)

$$\nabla^2 \psi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0 \quad (2.11)$$

Y es válida para los fotones.

Sea  $n$  el número de fotones por unidad de volumen. La densidad de energía para una radiación monocromática es

$$\varepsilon = nhf \quad (2.12)$$

y la intensidad de radiación

$$I = \varepsilon c = nchf \quad (2.13)$$

Donde  $c$  es la velocidad de la luz.

Es la magnitud de energía  $hf$  lo que interactúa como proyectil sobre la materia. La intensidad de radiación es simplemente la energía de ese proyectil por el número de ellos que atraviesa la unidad de área por unidad de tiempo.

Si los proyectiles son débiles (o pobres) no es de esperarse que hagan mucho daño pues su frecuencia es muy baja a pesar que haya muchísimos de ellos, como en el caso de una emisora de 1 MHz y 10KW.

No sucede lo mismo para una antena de 0.01KW y 1GHz, es decir de 10W. A pesar de radiar una potencia de 3 órdenes más bajas sus fotones son 1000 veces más agresivos.

### 3. EFECTOS TÉRMICOS

Hay antenas radio base de 1000 WERP localizados incluso frente a edificios, hospitales y escuelas.

Para el lóbulo de  $10 \mu W / cm^2$  a 23 metros, el cerebro humano esta sometido a una razón de calentamiento dado por

$$\frac{1}{T} \frac{dT}{dt} = 6.564 \cdot 10^{-7} \quad (3.1)$$

donde  $T$  es la temperatura absoluta y  $t$  el tiempo. Para el cuerpo humano

$$T = 310 e^{6.564 \cdot 10^{-7} t} \quad (3.2)$$

para una hora de exposición,  $t = 3600 \text{ seg}$

$$T = 310.7^\circ K ; \Delta T = 0.7^\circ K \quad (3.3)$$

y para 8 horas de exposición

$$T = 315.9^\circ K ; \Delta T = 5.9^\circ K \quad (3.4)$$

Estos cálculos se han realizado sin considerar el mecanismo autorregulador del hipotálamo. Pero nos da una idea del trabajo adicional que tiene que realizar para mantener las condiciones térmicas normales. Se llega a la ecuación (3.1) en base a las consideraciones cuánticas expuestas en el numeral 2.

Además, es necesario observar que el cráneo humano actúa como una antena de micro-onda. Si asumimos aproximadamente como una esfera de volumen  $V_0 = 1800 \text{ cm}^3$ , entonces su radio es

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V_0}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1800 \cdot 10^{-6}}{4\pi}} = 7.546 \cdot 10^{-2} m$$

la longitud de onda de la micro-onda para 1.9GHz.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.9 \cdot 10^9} = 15.7895 \cdot 10^{-2} m$$

la relación  $\frac{\lambda}{R} = \frac{15.7895}{7.546} = 2.092$

$$\lambda \approx 2R \quad (3.5)$$

el factor de acoplamiento para tres medios en el modelo de líneas de transmisión esta dado por

$$T_0 = \left| \frac{4Z_3Z_1}{Z_3(Z_3 + Z_1)\cos^2 K_2L + \left(Z_2 + \frac{Z_3Z_1}{Z_2}\right)^2 \text{sen}^2 K_2L} \right| \quad (3.6)$$

para una onda E.M. que viene desde  $Z_1$  pasa por  $Z_2$  de espesor  $L$ , y número de ondas  $K_2$ , y luego pasa, por fin, al medio  $Z_3$ .

$$\text{Usando } Z = \sqrt{\frac{i\omega\mu}{\sigma + i\omega\epsilon}} \quad (3.7)$$

y los datos para  $\epsilon$  y  $\sigma$  del tejido encefálico (Rigand, 1988) y del hueso del cráneo se halla

$$Z_1 = 377\Omega \text{ (aire)}$$

$$Z_2 = 398\Omega \text{ para hueso } \mu = 40\mu_0,$$

$$\epsilon = 2 \times 8.8 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$Z_3 = 1000\Omega \text{ para el cerebro;}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} = 3.17 \times 10^7 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \text{ velocidad de la luz}$$

en el hueso

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.17 \times 10^7 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{2 \times 10^9 \text{ Hz}} = 1.585 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$K_2 = \frac{2\pi}{\lambda} = 1.188 \text{ rad} = 68^\circ$$

$$\text{De allí } T_0 = 0.923 \quad (3.8)$$

El efecto térmico de las micro-ondas produce un efecto disipativo de los solitones de Davydov, a los que se ha descubierto como medios de transporte de energía a lo largo de las proteínas o del ADN.

Se demuestra que tales solitones obedecen a la ecuación diferencial

$$i\hbar \frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2m} * \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + G|\phi|^2 \phi = 0 \quad (3.9)$$

$$\text{con } G = \frac{\chi^2}{\varpi} \left(1 - \frac{T}{T_0}\right) \quad (3.10)$$

$$m^* = \frac{\hbar^2}{2a^2 J} e^w \quad (3.11)$$

$$T_0 = \frac{1}{2} \pi \frac{\hbar}{K_B} \sqrt{\frac{\varpi}{\tilde{M}}} \quad (3.12)$$

Donde los parámetros típicos experimentales

$\chi$	35 – 62 $\rho N$
$\varpi$	3.9 – 58.9 $N/m$
$\tilde{M}$	$5.7 \times 10^{-25} \text{ Kg}$
$J$	$1.55 \times 10^{-22} \text{ Joules}$

$\hbar K = m^* v$ ,  $v$  = velocidad del solitón

$m^*$  es la masa efectiva del solitón

$T_0$  la temperatura crítica  $\approx 313$  °K.

$W$  es el promedio del exponente de Debye-Waller.

$a$  es el periodo espacial peptídico

si  $T=T_0$ , (3.9) se transforma en la ecuación de Schrödinger común de carácter estacionario y desaparece el solitón.

Si  $T < T_0$  existe un solitón. Pero si  $T > T_0$  no hay soluciones con sentido físico.

Los solitones son fundamentales en los siguientes procesos:

1. 2AMP  $\rightarrow$  ATP + AMP
2. Transporte de protones en sistemas hidrogenados.
3. Procesos Mitocondriales
4. Contracción Muscular
5. Bomba de Potasio en el sistema nervioso.
6. La rueda de Wyman, como modelo general de la operación de una encima.
7. Fosforación oxidante en la mitocondria según



#### 4. EFECTOS GENOTÓXICOS

La radiación de micro-ondas tiene una frecuencia que permite definirla como no ionizante. Sin embargo existe reportes de investigación médica que indican correlaciones estadísticas entre las micro-ondas y procesos de formación de tumores benignos y malignos.

Es necesario reconocer que tales reportes han sido desmentidos por otros grupos de investigación u otros que concluyen que la metodología experimental seguida no era correcta.

Sin embargo, existe un mecanismo físico posible que podría explicar un proceso que lleve a la ruptura de enlaces moleculares en las proteínas u otras moléculas largas.

Davydov fue el primero en considerar a las moléculas proteicas tipo  $\alpha$  - hélice como un cristal unidimensional. Las bandas de valencia están constituidas por los electrones ligados a los enlaces, y la de conducción por los electrones de enlace tipo hidrógeno u orbitales moleculares.

Desde 1946 se conoció el efecto de la interacción fotón - electrón en un semiconductor y la amplificación de las ondas ultrasónicas que genera un campo de micro-ondas en tales materiales.

El campo de micro-ondas causa transiciones cuánticas en los electrones de los orbitales moleculares, haciendo que estos se "deformen".

Llamemos  $n(x,t)$  la fluctuación de electrones dentro de la banda de conducción, desde su condición de equilibrio estático. Si  $V$  es el potencial generado por tal deformación, entonces  $V e_{xx}$  es el potencial elástico relativo de los electrones bajo la deformación  $e_{xx}$ .

La fluctuación para la densidad de estados  $N_F$  del orbital molecular será  $V e_{xx} N_F$

De allí la ecuación de transporte para la velocidad de deformación es

$$\frac{\partial n}{\partial t} + v \frac{\partial n}{\partial x} = \frac{n(x,t) + N_F V \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)}{\tau_0} \quad (4.1)$$

Donde  $\tau_0$  es el tiempo de relajamiento de los electrones.

El campo electromagnético externo de la micro-onda origina la ecuación del movimiento

$$\rho \ddot{u} = C_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + V \frac{\partial n}{\partial x} \quad (4.2)$$

Donde  $\rho$  es la densidad de masa y  $C_{11}$  el módulo de elasticidad paralelo a la molécula.

Buscamos soluciones de la forma  $n, u \propto e^{i(Kx - \omega t)}$  (4.3)

Entonces

$$\left. \begin{aligned} (-i\omega n + iKvn)\tau &= -n - N_F V i K u \\ -\rho \omega^2 u &= -K^2 C_{11} u + iK V n \end{aligned} \right\} \quad (4.4)$$

La ecuación secular es

$$\begin{bmatrix} 1 - i\omega\tau + ikv\tau & iN_F V k \\ -ikV & K^2 C_{11} \rho \omega^2 \end{bmatrix} = 0 \quad (4.5)$$

$v$  es la velocidad de los electrones en la orbital molecular, y normalmente  $v > \frac{\omega}{k}$ , donde  $\omega/k$

es la velocidad de propagación de la deformación del orbital molecular, a la que llamaremos velocidad acústica  $C_s = \omega/k$ .

La solución de la ecuación característica es

$$K \approx \frac{\omega}{C_s} \left\{ 1 + \frac{N_F V^2}{2C_{11}} [1 + i(\omega - k\omega)\tau] \right\} \quad (4.6)$$

Para  $|(\omega - kv)\tau| \ll 1$  (condición de resonancia) (4.7)

Llegamos a

$$u \propto e^{i(kx - \omega t)} = \exp \left\{ \left[ i \frac{\omega}{C_s} \left( 1 + \frac{N_F V^2}{2C_{11}} \right) + \frac{\omega N_F V^2}{2C_{11}} k v \tau \right] x - i \omega t \right\}$$

O en forma más clara

$$u \propto \exp \left[ \frac{\omega}{C_s} \frac{N_F V^2}{2C_{11}} k v \tau x \right] e^{i \left[ \frac{\omega}{C_s} \left( 1 + \frac{N_F V^2}{2C_{11}} \right) x - \omega t \right]} \quad (4.8)$$

Si la longitud de la molécula orgánica es la suficientemente grande, la amplitud de la oscilación acústica crecerá exponencialmente a valores muy grandes, lo que sucederá con su energía, llegando incluso a romper los enlaces químicos, es decir, producir efectos ionizantes.

**5. EFECTOS DE LAS MICROONDAS SOBRE LA BOMBA DE POTASIO DE LA MEMBRANA CELULAR**

Tomaremos de base el trabajo de M. Leonetti, "On biomembrane electrodiffusive models", The european Physical Journals B, 2, 325 - 340 (1998).

La estructura básica de la membrana celular es la de una doble capa de lípidos que es impermeable a los iones. Esta barrera controla estrictamente la concentración de iones en el medio intracelular. Existe una membrana de proteínas que abren o cierran la membrana de lípidos dejando pasar o bombeando iones, según la necesidad desde el medio intracelular al extracelular y para ello usan la energía de la hidrólisis del Adenosín Trifosfato (ATP). En general aparece a los dos lados de ella un gradiente de potencial electroquímico. Esto es una reserva de energía que es usada para transportar iones en la dirección opuesta. En este caso, la corriente  $I$  es proporcional al potencial electroquímico entre los medios.

El potencial total de la membrana es:

$$\mu = Ze\phi + K_B T \ln(C) \quad (5.1)$$

Donde  $Z$  es el máximo de cargas,  $e$  la carga del electrón,  $\phi$  el potencial eléctrico y  $C$  la concentración del soluto.

Usualmente  $I$  toma la forma

$$I = G(V - E) \quad (5.2)$$

Donde  $G$  es la conductancia y

$$E = \frac{K_B T}{Ze} \ln \frac{C_e}{C_i} \quad (5.3)$$

Es la fuerza electromotriz, con  $C_e$  y  $C_i$  las concentraciones externas e internas.

La membrana puede modelarse como una línea de transmisión activa gobernada por la ecuación

$$Cm \frac{\partial V}{\partial t} = -I + \frac{R}{2\rho_i} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \quad (5.4)$$

Donde  $Cm$  es la capacidad por unidad de área,  $R$  el espesor de la membrana y  $\rho_i$  la

resistividad interna.  $V$  es el potencial perturbado.

La estabilidad del sistema se estudia para fluctuaciones sinusoidales

$$\delta V = Ae^{(\omega t + ikx)} \quad (5.5)$$

que es solución de (5.4)

$$\delta I = Gd\delta V = \left( \frac{\partial I}{\partial V} \right)_{V_{\text{reposo}}} \delta V \quad (5.6)$$

$$\text{Donde } Gd = (V - E) \frac{\partial G}{\partial V} + G \quad (5.7)$$

la linealización de la ecuación (5.4) nos da la siguiente relación de dispersión:

$$\omega(k) = -\frac{R}{2\rho_i Cm} \left( K^2 + \frac{2\rho_i}{R} Gd \right) \quad (5.8)$$

Usualmente  $Gd > 0$  y la membrana es estable, para cuando  $Gd < 0$  la membrana es inestable.

$Gd < 0$  en biología describe transientes que excitan como respuesta a la célula con su medio, debido a los canales de sodio y potasio.

Una de las características de estos canales es que cuando la membrana se despolariza, el número de ellos se incrementa. Así si  $P(V)$  es la probabilidad de que se abran,  $1 - P(V)$  es de que se cierren.

Ahora podemos expresar el origen del signo. Consideremos  $N$  canales con transferencia de cationes.  $i(V)$  es la corriente producida cuando se abre un canal. Para potenciales de membranas usuales en el ser humano que son del orden de  $-68\text{mV}$ ,  $i(V)$  que atraviesa el canal es negativo.

La densidad macroscópica de corrientes iónicas debido al conjunto de estos canales es

$$I = NP(V)i(V) \quad (5.9)$$

$i(V)$  esta dado por  $g(V - E)$ . Esto significa que la conductancia de un canal aislado es positiva y constante. La conductancia diferencial  $Gd$  es entonces

$$Gd = \frac{\partial I}{\partial V} = N \left[ \frac{\partial P}{\partial V} i + gP \right] \quad (5.10)$$

Así  $Gd < 0$  si  $\frac{\partial P}{\partial V}$  varía fuertemente con el potencial de membrana.

Ahora, dado el carácter de los iones, obedece a la estadística de Fermi:

$$P(V) = \frac{1}{1 + \exp \left[ \frac{Z_c e (V_{op} - V)}{K_B T} \right]} \quad (5.11)$$

Donde  $Z_c$  es el número de cargas características,  $V_{op}$  es el potencial característico de un canal para abrirse. Para  $V \gg V_{op}$  el canal está abierto.

Como  $\frac{\partial P}{\partial V} > 0$  y  $i(V) < 0$  y la primera expresión

obedece a una distribución exponencial  $\frac{\partial P}{\partial V} i$

es dominante sobre  $gP$  y  $Gd < 0$  en cuyo caso el potencial de membrana es inestable para

$$K < \left( -\frac{2\rho_i}{R} Gd \right)^{1/2} \quad (5.12)$$

El tiempo característico de inestabilidad es

$$T_c = \frac{1}{\omega(K=0)} \approx \frac{\lambda_2 \rho_i C m}{R} \quad (5.13)$$

Donde  $\lambda$  es la longitud característica

$$\lambda^2 = -\frac{\pi R}{\rho_i Gd} \quad (5.14)$$

Si representamos la corriente versus el voltaje encontramos

$$I(V) = I_0 \frac{V}{V_0} \left( \frac{V}{V_0} + 1 \right) \left( \frac{V}{V_0} - 2 \right) \quad (5.15)$$

que representa un polinomio de tercer grado que tiene una zona de pendiente negativa.

Para el caso de una intensidad de radiación de micro-onda

$$I = 10 \frac{\mu W}{cm^2} = 0,1 \frac{Watt}{m^2}$$

el campo eléctrico es

$$E = \sqrt{2Z_0 I} = \sqrt{240\pi \times 0,1} = 8,68 \frac{Volt}{m}$$

el espesor de la membrana celular es del orden de 100  $\mu m$ , así que el voltaje que se incrementa sobre el reposo es

$$V = 8.68 \frac{Volt}{m} \times 100 \times 10^{-6} m = 868 \mu V = 0.868 mV$$

que si bien es cierto es menor al voltaje umbral de 68 mV, este se suma al ruido eléctrico de fondo y puede llegar a disparar la bomba de potasio, bloqueando la posibilidad de transmitir los impulsos nerviosos a lo largo del axón, produciendo el efecto de reducir la rapidez de respuesta psicomotriz.

## 6. CONCLUSIONES

1.-) Los efectos térmicos de las micro ondas son un hecho probado, aceptada por toda la literatura científica. Por la teoría de los solitones de Davydov se explican los síntomas (observados) de cansancio crónico, insomnio, neurosis, histeria, pérdida de atención, dificultades de aprendizaje, perdida de control psicomotor, cefaleas, etc.

2.-) Existe un mecanismo físico que hace muy real el proceso de la transformación de la energía de la micro-onda en ondas ultrasónicas, si la velocidad de los electrones de los orbitales moleculares es mayor que la de la deformación orbital (lo que es muy común). Por tal mecanismo se destruirían los enlaces químicos produciendo efectos ionizantes.

3.-) Es por ello que todos los sistemas de telefonía celular deben cumplir rigurosamente con las normas técnicas de los países de primer mundo, tales como las de la FCC de USA.

4.-) Dado que se publicó en el registro oficial N°- 535 – Jueves 3 de marzo del 2005 la resolución N°- 01-01 CONATEL-2005 la intensidad o “densidad de potencia” de 10Watt/m<sup>2</sup>

Que es

$$\frac{10 \times 10^6 \text{ uWatt}}{10^4 \text{ cm}^2} = 1000 \frac{\text{uWatt}}{\text{cm}^2} = \frac{1 \text{ mW}}{\text{cm}^2}$$

Para la norma de exposición pública de FCC (2000MHZ), se debe comprobar mediante mediciones que tal condición se cumple. Personalmente este valor me parece muy alto como cota superior por las razones expuestas en el presente documento, y además porque la FCC fija 0,5 mW/cm<sup>2</sup> para 900MHz, especificación que no considera ese documento.

Debe comprobarse que cumplen todas normativas técnicas y las recomendaciones de la FCC mediante un proceso sistemático de mediciones y aceptar las recomendaciones que realiza para minimizar riesgos.

5.) Mantenerse vigilantes al pronunciamiento de la OMS sobre contaminación radio-eléctrica que emitirá en el presente año 2005

#### BIBLIOGRAFÍA

1. ADAIR. R.K.: *Biophysical limits on a thermal effects of RF and microwave radiation* 24:39-48. 2003
2. Borbely, R. Huber y col: *Pulsed high-frequency electromagnetic fields affects human sleep and sleep electroencephalogram*. *Neurociencia*. Haft. 275: 207 -210, 1999
3. A. Stang, G. Anastassiou y col: *The possible role of radiofrequency radiation in the development of reveal melanoma*. *Epidemiol* 12: 7- 12, 2001
4. BECK William S. - *Fisiología: molecular, celular y sistemática*. Primera Edición. México: Publicaciones Cultural S.A., 1977.
5. BURCH J.B., REIF J.S. y col: *Melatonin excretion among cellular telephone users*. *Int y Radiat Biol* 2; 78: 1029-1036, 2002
6. B. Wang. H Lai: *Acute exposure to pulsed 2450MHz microwaves affects water - maze performance of rats*. *Bioelectromagnetics* 21: 52 - 56. 2000.
7. C. COHEN-TANNOUDJI B. DIU and F. LALOË.- *Quantum Mechanics*. Volumen I. Segunda Edición. Paris: Hermann, 1977.
8. C.M. Krause, L.Sillamanki y col: *Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task*. *Int J Radiat Biol* 76: 1659 - 1667. 2000
9. DE LA PEÑA Luís.- *Introducción a la Mecánica Cuántica*. Segunda Edición. México: Compañía Editorial Continental S.A. 1980.
10. EISBERG Robert Martin - *Fundamentos de Física Moderna*. Quinta Edición. México: LIMUSA-NORIEGA, 1992.
11. ENCYCLOPEDIA OF NON-LINEAR SCIENCES - *Davydov soliton*. En : (<http://w3.ualu.pt/~cmsilva/rivate/0DX3424.pdf>).
12. FASTER. K.R., *The mechanism paradox: constrains on interactions between radio frequency and biological systems*, in M. Moriarty. C. Mothersell y col (eds). 11<sup>th</sup> Int. Cong. Radial. Lawrence. KS. Allen Press. Inc. 2000 pp 222-226
13. GRIBBIN John.- *En busca de la doble hélice*. Barcelona: Salvat Editores, 1986.
14. G. d'Ambrosio, R. Massay col: *Cytogenetic damage in human lymphocytes following GSMK phase modulated microwave exposure*. *Bioelectromag*. 23: 7-13, 2002
15. G. Frende, P Uislberg y col: *Microwave emitted by cellular affects human show brain potentials*. *Eur Appl. Physical* 31:18-27, 2000
16. G.J. Hagland: *Physics and biology of mobility telephony*. *Lancet* 356: 1833 - 1836, 2000
17. G. Ofted, J. Wilón y col: *Symptoms experienced in connection with mobile phone use*. *Occup. Med* 50: 237 - 245. 2000
18. HECH Eugene.- *Óptica*. Tercera Edición. Madrid: ADDISSON WESLEY IBEROAMÉRICA. 2000.
19. H. Lai y N.P. Singh: *Single - and double- strand DNA breaks in a rat brain cells after acute exposure to RF radiation*. *Int Radial Biol* 69: 513 - 521, 1996
20. H. Lain y Singh: *Acute laco-intensity microwaves increaser DNA single-stand breaks in rat brain cells*. *Bioelectromagnetic* 16: 207 - 210, 1995
21. I Trosic, I Busljeta y col: *Nerve cell damage in human brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones*. *Environ Health Perapec* 111: 881 - 883, 2003
22. KITTEL Charles.- *Introducción a la Física del Estado Sólido*. Tercera Edición. Barcelona: Editorial Reverté S. A.. 1993.
23. KITTEL Charles.- *"Quantum Theory of the solids"*, Págs. 336 - 337. John Wily & Sons, 1963.
24. K.J. Rothman: *Epidemiological evidence on health risks of cellular telephones*. *Lancet* 356:1837-1840,2000
25. LA BIBLIA DE LA FÍSICA Y QUÍMICA. Edición 2003. Barcelona: Lexus Editores, 2003.
26. LAKHNO V. D.- *Soliton-like Solutions and Electrón transfer in DNA*.- En: *Journal of Biological Physics*, 26, (27 de Enero de

- 2000), pg. 133-147. (2000 Kluwer Academia Publishers).
27. LEVINE Ira N.- *Química Cuántica*. Quinta Edición. Madrid: Prentice Hall, 2001.
  28. MOFFATT William G., PEARSALL George W. y WULFF John.- *Estructura*. Segunda Edición. México: Limusa, 1979.
  29. MOULDER, John E.- Campos Electromagnéticos y Salud Humana, *Medical College of Wisconsin. Jmoulder at cw dot edu*
  30. M.B. Zhang J.L. He y col: Study of low intensity 2450 MHz microwave exposure enhancing the genotoxic effects to mitomycin C using micronucleus test and comet assay in vitro. *Biomed Environ Sci 15: 283 - 190. 2002*
  31. M. Koivisto, A. Revonsou y col: Effects of 900 MHz electromagnetic field emitted by, cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport 11:413-415, 2000*
  32. M. Léonetti.- On biomembrane electrodiffusive odels. *The European Physical Journal B,2.325-340(1998)*
  33. M. Mashevich, D. Folkman y col: Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic field associated with cellular phones leads to chromosomal instability, *Bioelectromagnetics 24: 82 - 90. 2003*
  34. M.V. Vásquez, C.J. Clancey y Col: Genotoxicity of R.F. generated from analog. TDMA, CDMA and PCS in human blood cells evaluated using single gel (SCG) electrophoresis and cytochalasin B assay. *Environ Molec Mutagen 33 (Suppl 30): 66, 1999*
  35. PICKARD, W.F. y MOROS, E.G.- Energy deposition processes in biological. Nonthermal biohazards seem unlikely in the UHF range. *Bioelectromagnetics 77-97.105,2001*
  36. POUTHEIR V. - Two-vibron bound states in a-helix proteins: the interplay between the intramolecular anharmonicity and the strong vibron-phonon coupling. *En: Ccsd-00000398, Versión 1, (5 Jun 2003).*
  37. P.D. Inskip: Frecuence radiation exposures and frecuency depend-effects. The eyes have it. *Epidimial 12: 1 - 4, 2001*
  38. REMIZOV A. N. - Física Medica y Biológica. Moscú: Editorial Mir, 1991.
  39. REPACHOLI, A. Basten y col: Lymphomas en Eu- Piral transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz Electromagnetic Fields, *Rad Res 147: 531 -640. 1997*
  40. ROSU Haret C. - On the kinks and dynamical phase transitions of a-helix protein chains. *En: Arxiv: cond-mat/9510019 v3, (24 Apr 1997).*
  41. ROSU Haret C. - *Scl-organized digital disorders of Davydov's heta kink*. *En: Arxiv: cond-mat/9410034 v2, (24 Aug 1997).*
  42. R.R. Tice. G.G. Hock y col: *Genotoxicity of radiofrecuency signals. Investigation of DNA damage and micronuclei induction in cnltived human blood cells*. *Bioelectromagnetics 23: 113-126, 2002*
  43. R.S. Malyapa y col: *DNA damage in rat brain after in vivo exposure to 2450 MHZ electromagnetic radiation and various methods of euthanasia*. *Radial Res 149: 637-645. 1995*
  44. R. Huber, T. Grof y col: *Exposure to pulse high - frecuency electromamagnetic field during waking affects human sleep EEG*. *Neuroreport 11 1: 3321, 3325, 2000*
  45. SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. *En: Physics Reports, 217, N° 1, (February. 1992), pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).*
  46. SCOTT A. C., EIBECK J.C., GILHΦJ H. - *Quantum lattice solitions*. *En: N. H. Elsevier, Physica D, N° 78 , (15 June 1994), pag. 194-213.*
  47. S, Szmigielski: *Cance morbidity in subjects occupationally exposed lo high - frecuency (RF y and microwave) electromagnetic radiation*. *Sc: Total environ 180:9-17,1996*
  48. TUSZYRISKI J. A., NIP A. M. L., CHRISTIANSEN P.L., ROSE M. Y BANG Ole. *-Exciton self-trapping in the Ginzburg-Landau Framework*. *En: Physica Scripta, vol 51, (31 October, 1995), pag. 423-430.*
  49. TUSZYRISKI J. A., PAUL R., CHATTEREE R. and SREENIVASAN S. R. *-Relations between Fröhlich and Davydov models of biological order*. *En: Physical Review, Volume 30, Number 5, (November 1984), pag. 2666-2675.*
  50. VALBERG, P.A.- *Radio frecuencia radiation (R-F-R): the nature of exposure and carcinogenic potencial*. *Cancer Causes Control 8: 323-332, 1997*
  51. VILLE Claude A.- *Biología*. Séptima Edición. México: MCGRAW-HILL. 1994.
  52. VOLKENSHTEIN M. V. - *Biofísica*. Moscú: Editorial Mir, 1981.
  53. Departamento de Física. Facultad de Ingeniería - Univ. De Buenos Aires [www.fi.uba.ar](http://www.fi.uba.ar) - *Electromagnetismo "B" 2002. Antenas de abertura*. 436 -439.
  54. <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/termino/software/kronigpenney.doc>
  55. [FM 79] V.K. Fedyanin and V.G. Makhankov. Soliton-like solutions in one-dimensional system with resonance interaction, *Phys. Ser. 20 (1979) 552-557*. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's y Soliton*. *En: Physics Reports, 217. N° 1. (February, 1992), pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).*

56. [FMY77] V.K. Fedyanin, V.G. Makhankov and L.V. Yakushevich, Exciton-phonon interaction in long-wave approximation, *Phys. Lett. A* 61(1977) 256-258. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1. (February, 1992). pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
57. [FY77] V.K. Fedyanin and L.V. Yakushevich, Exciton-phonon interaction in one-dimensional molecular crystals, *Teor. Mat. Fiz.* 30 (1977) 133— 137 [*Theor. Math. Phys.* 30 (1977) 85-87]. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1, (February, 1992), pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
58. [KMW90] R.S. Knox, S. Maiti and P. Wu, Search for remote transfer of vibrational energy in proteins, in: *Davydov's Soliton Revisited*, eds. P.L. Christiansen and A.C. Scott (Plenum, New York, 1990). Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1. (February, 1992). pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
59. [McC72] C.W.F. McClare, A "molecular energy" muscle model, *J. Theor. Biol.* 35 (1972) 569-595. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1, (February, 1992), pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
60. [MF84] V.G. Maldiankov and V.K. Fedyanin, Nonlinear effects in quasi-one-dimensional models of condensed matter theory, *Phys. Rep.* 104 (1984)1-86. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1, (February, 1992). pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
61. [Tak84] S. Takeno, Vibron solitons in one-dimensional molecular crystals, *Prog. Theor. Phys.* 71(1984) 395-398. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1, (February, 1992), pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
62. [Tak85] S. Takeno, Vibron solitons and coherent polarization in an exactly tractable oscillator—lattice system, *Prog. Theor. Phys.* 73 (1985) 853-873. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's A Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1, (February, 1992). pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
63. [Tak90a] S. Takeno, A classical and quantum theory of dynamical self-trapping in nonlinear systems and its implication to energy transfer in biological systems, in: *Davydov's Soliton Revisited*, eds. P.L. Christiansen and A.C. Scott (Plenum, New York, 1990). Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1. (February, 1992). pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
64. [Tak90b] S. Takeno, Quantum theory of vibron solitons—coherent states of a vibron—phonon system and self-localized modes, *J. Phys. Soc. Jpn.* 59(1990)3127-3141. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1. (February, 1992), pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).
65. [WBL89c] X. Wang, D.W. Brown and K. Lindenberg, Vibron solitons, *Phys. Rev. B* 39 (1989) 5366—5385. Citado por: SCOTT Alwyn.- *Davydov's Soliton*. En: *Physics Reports*, 217, N° 1. (February, 1992), pag. 1-67. (Review Section o Physics Letters).