

¿Las radiaciones no ionizantes deberían quitarnos el sueño?

Sara Pérez Garrido



Dirigido por Ángeles Cano

2º Bachillerato A

INS JoanotMartorell

Esplugues de Llobregat, 15 de Diciembre de 2017

«En la vida no existe nada que temer, solo cosas que comprender.»

Marie Curie

Índice

Página

1. Introducción	6
1.1 Resumen	6
1.2 Abstract	6
1.3 Índice de abreviaturas	7
1.4 Metodología de estudio	8
2. Qué son los campos electromagnéticos	9
2.1 Características	11
2.2 Espectro electromagnético	12
2.2.1 Radiaciones ionizantes	13
2.2.2 Radiaciones no ionizantes	14
2.3 Fuentes de radiaciones no ionizantes	15
2.3.1 Fuentes naturales	17
2.3.2 Fuentes artificiales	17
2.4 Controversia generada por los posibles efectos sobre la salud	18
2.5 Cómo inciden las radiaciones no ionizantes en un cuerpo	22
2.7 Efectos térmicos/no térmicos/atérmicos	24
2.7.1 Térmico	24
2.7.2 No térmico	25
2.7.3 Atérmicos	29
3. Investigación de los canales de calcio	30
3.1 Qué son los canales de calcio	30
3.2 Calcio como señalizador	32
3.3 Potencial de membrana alterado por campos electromagnéticos	33
4. Radicales libres	37
4.1 Producción de radicales	39
4.2 Calcio intracelular y óxido nítrico	40
4.2.1 Respuesta fisiológica normal	42
4.2.2 Respuesta patológica	42
5. Núcleos supraquiasmáticos (NSQ)	51
5.1 Glándula Pineal	52

5.2 Melatonina.....	52
5.3 Magnetita	54
5.4 Sistema inmunitario	56
6. Parte experimental.....	57
6.1 Hipótesis	57
6.2 Diseño experimental.....	58
6.3 Materiales y métodos.....	59
6.4 Variables	64
6.5 Resultados	66
6.6 Conclusiones.....	67
7. Anexo.....	69
7.1 Inciso móviles	69
8. Webgrafía	71
9. Bibliografía	74

1.Introducción

1.1 Resumen

Sigue existiendo mucha controversia acerca de los posibles efectos patológicos de los campos electromagnéticos en el ser humano. El rápido desarrollo de tecnologías de telecomunicación por radiofrecuencias y microondas ha generado en la comunidad científica un gran debate sobre los efectos en la salud derivados de la exposición a los campos electromagnéticos. Este trabajo tiene como finalidad básica informar de los diversos factores a los que pueden afectar, centrándose en los posibles efectos nocivos de los campos electromagnéticos, tanto en los organismos vivos como en la propia salud humana. Consta además de un apartado experimental, en el que, debido a las dificultades que presentó la elaboración del trabajo, fue realizado con plantas y no con células animales, a pesar que de haber podido utilizarlas se hubiese seguido el mismo procedimiento.

1.2 Abstract

There continues to be much controversy about the possible pathological effects of electromagnetic fields in humans. The rapid development of radiofrequency and microwave telecommunication technologies has generated a heated debate in the scientific community about the health effects derived from exposure to electromagnetic fields. The basic purpose of this work is to inform about the various factors that may affect health, focusing on the possible harmful effects of electromagnetic fields, both in living organisms and in human health itself. It also includes an experimental section which, was carried out with plants and not with animal cells, due to the difficulties presented by the elaboration of the work. Nonetheless, if we had been able to use them, we would have followed the same procedure.

1.3 Índice de abreviaturas

CEM	CampoElectromagnético
ADN	Ácido desoxirribonucleico
CEM-ELF	Campo Electromagnético de Frecuencia ExtremadamenteBaja
CM	CampoMagnético
dB	Decibelio
ELF	LowFrequencyElectromagnetic
FEB	Frecuencia Extremadamente Baja
λ	Longitud de onda
h	Constante de Planck (6.626×10^{-34} J·s)
E	Energía
c	Velocidad de la luz (299 792 458m/s)
Hz	Herzios
OMS	Organización Mundial de laSalud
REM	RadiaciónElectromagnética
RF	Radiofrecuencia
RI	RadiacionesInonizantes
RNI	Radiaciones Nolonizantes
SAR	SpecificAbsortionRate. (Tasa de AbsorciónEspecífica)
W	Watio
NSQ	Núcleos supraquiasmáticos

1.4 Metodología de estudio

En este trabajo, a parte de la pequeña descripción de los conceptos generales relacionados con los campos electromagnéticos, nos centraremos en la banda del espectro electromagnético de las microondas y de las radiofrecuencias de ultra baja frecuencia. Además de en qué forma pueden afectar a diversos procesos celulares que pueden llegar a provocar la muerte celular, en relación principalmente a la aparición de estrés oxidativo y a la reducción de melatonina.

Durante todo el trabajo se irá hablando de procesos biológico, todos relacionados con este ancho de banda, a menos que se indique que se refiere a otro tipo de radiación.

Antes de empezar es importante tener un conocimiento básico de qué son los campos electromagnéticos y cuáles son sus características, para luego poder relacionar qué aspectos pueden afectar a nuestro organismo.

2. Qué son los campos electromagnéticos

Un campo electromagnético es el resultado de la combinación de un campo de fuerza magnético y otro eléctrico. Se propagan a través del espacio en forma de ondas con los dos campos perpendiculares y oscilantes.

En el siglo XIX se pensaba que nada podía propagarse por el espacio vacío, y que el medio por el que se propagaban estas ondas se llamaba éter, que ocupaba el vacío y que servía de medio para la propagación de estas ondas. Este medio nunca se encontró, pero por el contrario, en 1999 se estableció la teoría de las ondas, mostrando que las ondas electromagnéticas se pueden propagar por el espacio vacío.

El que sean oscilantes es lo que provoca que describan una onda al desplazarse, provocadas por pequeñas distorsiones que sufre el campo eléctrico al moverse la partícula. Las ondas están formadas por paquetes muy pequeños de energía llamados fotones, sin implicación de transporte de materia, viajando a 299.792.458m/s (la velocidad de la luz). Además, tanto la generación como la propagación son compatibles con el modelo de las ecuaciones de Maxwell. Para saber la energía de un fotón, se utiliza la siguiente ecuación:

$$E=(h\cdot c)/ \lambda$$

Las cargas eléctricas corresponden a las partículas subatómicas de los átomos; los electrones tienen carga negativa, los protones la misma que los electrones pero positiva, y los neutrones no tienen carga. Un campo eléctrico es un campo de fuerza creado por la atracción y la repulsión de cargas eléctricas, lo que crea el flujo eléctrico. Como ya es sabido, las mismas cargas se repelen, y las que son distintas se atraen.

Las corrientes eléctricas son las fuentes de todos los fenómenos magnéticos, es decir, que a partir de una carga en movimiento, esta constituye una corriente que produce un campo magnético. Dicho de otra forma, toda carga eléctrica crea a su alrededor un campo eléctrico, y es cuando este se encuentra en movimiento, que genera un campo

magnético. Las ondas de los campos eléctricos y magnéticos son transversales, es decir, que forman ángulos rectos en la dirección de propagación.

Los campos magnéticos son directamente proporcionales a esa corriente. Cuanto mayor es la corriente, mayor es el campo magnético. Se miden, según el sistema internacional (SI), en Gauss (G) o Tesla (T). Cualquier situación de atracción o repulsión magnética es provocada por una fuerza de acción a distancia, ejercida esta por una carga que está en movimiento sobre otra que también lo está. Por lo tanto, una corriente eléctrica, al ser una carga en movimiento, ejerce una fuerza magnética sobre cualquier otro campo electromagnético o magnético, como es el caso de los imanes. La materia cargada es la influida por estos campos y al mismo tiempo la generadora de ellos.

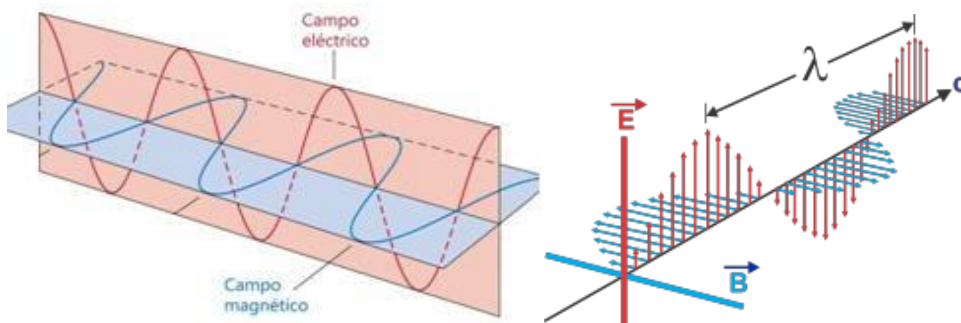


Fig.1 Fuente: <https://curiosoando.com> Fig.2 Fuente: <https://pixabay.com>

Aunque no haya corriente, el campo eléctrico existe; y si hay movimiento de las cargas, la magnitud del campo magnético dependerá de la intensidad de la corriente eléctrica, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual. La fuente de los campos eléctricos es la tensión eléctrica, es decir, la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. La diferencia de potencial es el trabajo que debe hacer un campo electrostático para mover una carga desde un punto hasta otro punto de referencia.

2.1 Características

Las ondas electromagnéticas pueden caracterizarse por su longitud, intensidad del campo, frecuencia o energía de cada fotón. Todos se relacionan entre sí, y cada uno de ellos condiciona el efecto del campo sobre un sistema biológico.

Frecuencia: Es la cantidad de veces que se repite una variación de corriente o tensión por unidad de tiempo. Se mide en hercios, donde cada hercio corresponde a un ciclo por segundo.

Potencia: Es la energía de emisión, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. Se mide en watts (W) y sus múltiplos y submúltiplos.

Intensidad: Es la cantidad de carga eléctrica que pasa por un medio por unidad de tiempo. En el campo eléctrico se mide en voltios por metro (V/m), y en el campo magnético en amperios por metro (A/m^{-1})

Longitud: Es la distancia que hay entre el mismo punto de dos ondulaciones consecutivas.

Cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor será la frecuencia, y cuanto mayor sea la frecuencia, más grande será la incidencia sobre un cuerpo.

Las cargas eléctricas crean un voltaje, y la magnitud aumenta cuando el voltaje crece.

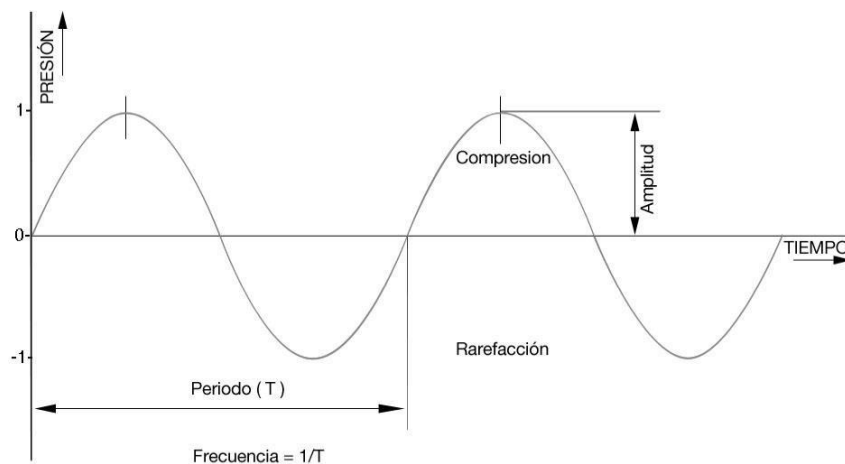


Fig.3 Fuente: <http://www.mariogonzalez.es>

En la mayoría de radiaciones la longitud coincide con la distancia entre dos crestas consecutivas, pero no es así en todas. Como ejemplo de excepción está la luz, que no tiene "crestas". En este caso, el decir que es "la distancia recorrida por la perturbación en una determinada duración de tiempo", se considera más correcta.

2.2 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético (EM) es una clasificación de las características de una onda, el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles, tanto CEM naturales como fuentes creadas por el ser humano. Se puede dividir en un Espectro de frecuencias, donde se muestran las frecuencias que irradia la onda, y en el Espectro de longitudes.

Generalmente se muestran juntos porque tienen una relación de proporcionalidad, pero en el análisis de señales se utiliza el espectro electromagnético en alguna de sus representaciones para encontrar características específicas de la onda. Por ejemplo, si se quisiera seleccionar de una onda de luz, un color específico, solo debería seleccionar del espectro de frecuencias, la frecuencia del color que desee.

El espectro visible para el ojo humano se encuentra dentro de una longitud de onda de 400 a 700 nm, pudiendo ver desde la longitud de onda violeta hasta la media infrarroja, impidiéndole ver más allá de esta radiación.

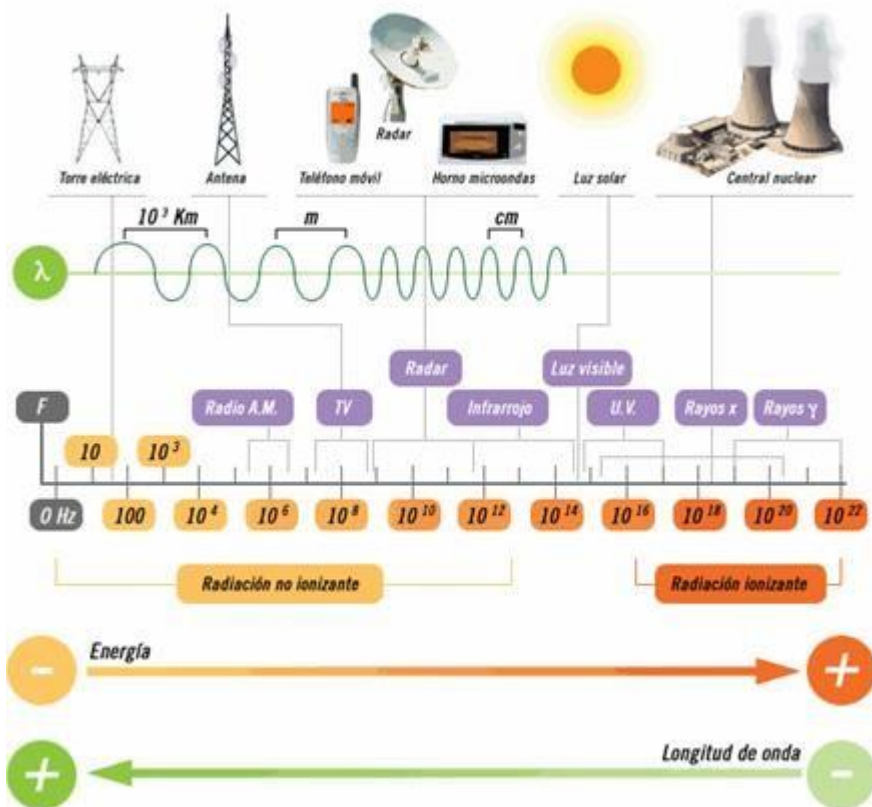


Fig.4 Font: www.fengshuinatural.com

Dependiendo de la frecuencia y energía, las ondas electromagnéticas se pueden clasificar en: ionizantes y no ionizantes.

2.2.2 Radiaciones ionizantes

Como el propio nombre dice, son las que producen la ionización: la transformación de átomos o partes de moléculas en iones con carga eléctrica positiva o negativa, rompiendo los enlaces atómicos que mantienen unidas las moléculas de la célula.

Sus efectos han sido ampliamente estudiados, y no hay experimento científico que niegue los efectos a la exposición de estas radiaciones a corto o largo plazo.

2.2.1 Radiaciones no ionizantes

Forman la parte del espectro electromagnético cuya energía es demasiado débil para romper enlaces químicos:

Ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja, campos de radiofrecuencia y microondas, campos de radiofrecuencias extremadamente bajas y los campos eléctricos y magnéticos.

Estas radiaciones, aunque lleguen a ser de alta intensidad, no pueden causar ionización en un sistema biológico, pero pueden producir calentamiento, alteración de reacciones químicas o inducción de corrientes eléctricas en los tejidos y las células.

Por ejemplo, a partir de 1GHz, las bandas se encuentran dentro del espectro de las microondas. Los hornos microondas utilizan una frecuencia de 2450 millones de hercios (2.45GHz) y tiene una longitud de onda de 12 cm, provocando un calentamiento.

O los campos de radiofrecuencias, que producen calentamiento e inducen corrientes eléctricas. Las microondas se encuentran dentro de la banda de radiofrecuencia, con grandes longitudes de onda y bajas frecuencias y energía fotónica muy pequeña.

Las radiofrecuencias son la porción menos energética del espectro electromagnético con frecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 MHz. y longitudes de onda que van de los 3 km a 1 m; y las microondas tienen frecuencias de 300 MHz a 300 GHz, y unas longitudes de onda comprendidas entre 1 m y 1 mm.

Una corriente a través de una antena, oscilando a una cierta frecuencia, produce un campo eléctrico y otro magnético en los alrededores próximos a esta, que se propagan desde esta a la frecuencia de corriente de oscilación. Si esta frecuencia está comprendida entre 300 MHz y 300MHz, tendremos una radiación de microondas.

- En los campos de radiofrecuencia con una frecuencia mayor a 1MHz causan sobretodo calentamiento, al desplazar iones y moléculas de agua. A niveles bajos produce pequeñas cantidades de calor, absorbidas por los procesos de termorregulación del organismo. El cuerpo recibe y absorbe cierta calor, pero el individuo no lo percibe.

- En los campos de radiofrecuencia con una frecuencia inferior a 1MHz producen cargas y corrientes eléctricas, que pueden estimular células de tejidos, como por ejemplo, nervios y músculos.

Las radiofrecuencias en su gran mayoría son emitidas por aparatos electrónicos, utilizados en radiocomunicaciones (incluida vía satélite), las emisiones de TV,

Las corrientes eléctricas por sí están presentes en el organismo como parte normal de las reacciones químicas que tienen lugar en nuestras células, tejidos y sistemas y que nos permiten seguir con vida. Si los campos de radiofrecuencia inducen corrientes que superen de forma significativa ese nivel de corrientes en el organismo, es posible que se produzcan efectos perjudiciales para la salud, aunque los campos de radiofrecuencia a los que normalmente estamos expuestos son mucho menores de los necesarios para producir un calentamiento significativo.

Incluso si los campos estáticos son muy intensos, pueden alterar el riego sanguíneo o modificar los impulsos nerviosos normales, aunque estas exposiciones no se produzcan en la vida diaria.

A pesar que la mayor parte de la energía de estas ondas electromagnéticas se convierte en calor, no todos los efectos se explican por la absorción de energía y sus efectos térmicos. Hay demostraciones teóricas y experimentales que demuestran que existen interacciones a nivel microscópico que causan alteraciones en los sistemas biológicos macromoleculares.

Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo como cualquier otro material formado por partículas cargadas. Si los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afecta a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie, provocando tensiones eléctricas y corrientes en el mismo organismo.

En las últimas décadas, aparte de estudiar los posibles efectos sobre la salud humana, se han investigado las consecuencias de su exposición en otros parámetros, como es el medio ambiente. En 1978 se reunió en Ginebra un grupo mixto de trabajo OMSIIRPA, que estudió criterios de salud ambiental aplicables a radiofrecuencias y microondas para evaluar riesgos y definir argumentos que explicasen el establecimiento de exposiciones para estas radiaciones.

Volviendo a los efectos y consecuencias sobre la salud humana, según el doctor **Martin Pall**¹(profesor emérito de la Washington State University), hay diez efectos diferentes de las microondas bien documentados:

- **Estrés oxidativo**
- **Reducción de melatonina**
- Respuestas terapéuticas
- Rotura de la hélice de ADN
- Rotura de la barrera hematoencefálica
- Ruptura de la barrera
- hematotesticular
- Cáncer
- Disfunciones del sueño
- Infertilidad tanto masculina como femenina

Todo ello explicado en su trabajo, y que está estrechamente relacionado con la activación de los canales de calcio dependientes de voltaje, los cuales están involucrados en una gran variedad de efectos observados tras exposiciones a campos electromagnéticos de baja frecuencia, como microondas (*microondas de frecuencias menores a las utilizadas en el horno microondas, y que no provocan efectos térmicos apreciables) y radiofrecuencias de baja y ultra baja frecuencia.

2.3 Fuentes de radiaciones no ionizantes

En la sociedad en la que vivimos hay campos electromagnéticos por todas partes, tanto naturales como cada vez más artificiales. Todos estamos expuestos a los CEM, tanto los que vivimos en lugares “congestionados” de aparatos electrónicos como los que no.

¹ Martin Pall es un científico estadounidense internacionalmente conocido por sus estudios relacionados con las radiaciones no ionizantes. Autor del libro: *Explaining Unexplained Illnesses: Disease Paradigm for Chronic Fatigue Syndrome*. (2007)

2.3.1 Fuentes naturales

Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas u otros fenómenos ondulatorios atmosféricos.

La ionosfera de la atmósfera nos protege de las radiaciones del espacio exterior. La suma de la radiación emitida por el Sol se estima que es de unos 300 GHz, pero no es importante si se considera que se distribuye por toda la superficie terrestre.

El campo magnético terrestre (campo geomagnético) que es causa de los polos magnéticos Norte y Sur, sirve a pájaros, peces, incluso a humanos, para su orientación, debido a su relación con su reloj biológico de cada uno de estos animales.

2.3.2 Fuentes artificiales

Estos aparatos se utilizan en la industria, la medicina, el comercio y prácticamente han invadido la vida diaria. Aparatos tales como: torres eléctricas, aparatos electrodomésticos, maquinarias de usos industriales específicos o radares. Además de las redes WiFi, móviles, antenas de telefonía, tabletas y ordenadores, entre otros.

- Radiofrecuencias, incluidas dentro de esta banda, las microondas (oscilan entre 3 Km y 1mm, lo que vienen a ser frecuencias entre 10KHz y 300GHz)
 - Comunicaciones
 - Industria
 - Medicina

Dentro de la banda de microondas, entre los 300MHz (1 metro de longitud) y 300GHz (1 milímetro)

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• <u>Aeronáutica</u><ul style="list-style-type: none">· tripulación de aviones· lanzamiento de misiles• <u>Medicina</u><ul style="list-style-type: none">· diatermia | <ul style="list-style-type: none">• <u>Comunicaciones</u><ul style="list-style-type: none">· telemetría· sistema satelital· televisión· radionavegación |
|--|--|

- Uso doméstico
 - Hornos
 - Calentador
- Investigación
 - meteorología
 - física nuclear

La diatermia es una terapia que consiste en la aplicación de emisiones controladas de radiofrecuencias y microondas para calentar distintos tejidos. Principalmente es utilizado en tratamientos de tejidos cancerosos, cuyas células son sensibles a temperaturas entre 42°C y 43°C. Todos los aparatos utilizados, deben pasar una serie de pruebas que admitan su uso para evitar escapes de campos electromagnéticos que provoquen lesiones celulares irreversibles.

2.4 Controversia generada por los posibles efectos sobre la salud

Hoy en día, el tema de los campos electromagnéticos sobre los efectos que pueden tener o no sobre nuestra salud es objeto de discusión. Son muchos los científicos que han expuesto la importancia de revisar y modificar los límites de exposición vigentes, pero son otros tantos los que rechazan la idea de que puedan ser perjudiciales y tachan muchos trabajos de inconcluyentes, por lo que no los consideran válidos.

Algo que hay que tener presente es que el consumo de las tecnologías inalámbricas cada vez aumenta más, y son estas tecnologías las que han dado lugar a las compañías que más dinero ganan en el mundo, convirtiéndose también en uno de los sectores de crecimiento más estable, por lo tanto no es de extrañar que puedan influenciar de algún modo en la omisión o el desmentimiento de ciertos asuntos que pueden perjudicar a sus productos y como consecuencia a su economía.

Hasta principios de los años 70 se asumía que la exposición no era dañina. Actualmente la principal preocupación en torno a este tipo de radiación es si pueden tener efectos nocivos para la salud, focalizando sobretodo la atención en su posible relación con el desarrollo de cáncer.

Hay instituciones como la ICNIRP² que a raíz de estudios epidemiológicos afirman la posibilidad del incremento de leucemia en niños. Las frecuencias utilizadas en estos estudios fueron a nivel industrial, entre 50 y 60 Hz alrededor de 0,4 microteslas. Todo esto llevó a que el Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC³), organismo de la OMS llegase a la conclusión de que los campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF) son posiblemente cancerígenos.

En 2004 la Unión Europea financió el estudio REFLEX⁴, coordinado y dirigido por el doctor vienés Franz Adlkofer, que se encarga del análisis de los efectos de las microondas sobre el ADN. Los resultados que obtuvieron no fueron del agrado ni de la industria telefónica ni de los usuarios, ya que según las conclusiones a las que habían llegado, la radiación emitida por los teléfonos móviles causaba daños en el ADN.

Fueron en este caso resultados concluyentes e irrefutables que causaron sorpresa y preocupación. A pesar de que hay países que a raíz de estudios como estos han decidido hacer algún cambio al respecto, sólo es necesario mirar a nuestro alrededor para ver que la precaución ante la exposición a estas radiaciones es escasa o nula.

Como ya hemos dicho fue impactante, ya que se pensaba que si la radiación no ionizante no era lo suficientemente fuerte como para sacar un electrón de una molécula, no podría causar daño en el ADN. Como era de esperar, este asunto causó controversia, siendo fuertemente atacado después de su publicación. Incluso el doctor Alexander Lerchl, un científico reconocido que tenía buena relación con la industria, acusó de que los datos habían sido falsificados.

Con el tiempo, debido a la presión y la fuerza de los medios de comunicación, y de la presión sobre investigadores, instituciones y universidades, el impacto del estudio dirigido por el Dr. Franz Adlkofer fue disminuyendo progresivamente, tapando su importancia y relevándolo a un segundo plano. Además de que se convino que la Unión Europea no invirtiera más dinero en más estudios relacionados.

²ICNIRP: Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante. Es una comisión internacional especializada en protección de radiación no ionizante.

³IARC: El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer es un órgano intergubernamental que forma parte de la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas

⁴REFLEX: estudio desarrollado por 12 equipos de 7 países, entre ellos España. La investigación, sin embargo, no tuvo continuación porque la UE paralizó su financiación.

Pero pese a todo esto, al cabo de un tiempo, después de una revisión profunda del estudio, en 2015 se llegó a la conclusión de que la investigación tenía validez, y el Dr. Alexander Lerchl fue acusado por la corte de Hamburgo (Alemania) de difamación y calumnia, además de obligarlo a retractarse.

Este señor, después de esto, en el mismo año hizo públicos los resultados de un estudio del que era jefe. Presentó que los teléfonos móviles con señales de 3G provocaban tumores en ratones.

Otro punto en contra de la industria telefónica.

En lo que consistió el estudio fue en que diversos grupos de ratones estaban expuestos a ENU, un agente que resultaba cancerígeno en el útero y simultáneamente a radiaciones de 3G. Los resultados fueron que vieron un crecimiento importante en el crecimiento de tumores, a diferencia de aquellos grupos de ratones que fueron expuestos simplemente al ENU.

El Dr. Lerchl, que en las últimas décadas había sostenido que las investigaciones que habían sobre los efectos biológicos que podían producir los campos electromagnéticos eran inconcluyentes, en un comunicado de la JacobsUniversity de Bremen (Alemania), dijo textualmente: "Nuestros resultados demuestran que los campos electromagnéticos intensifican el crecimiento de tumores."

Los resultados del trabajo eran correctos, es decir, que el ADN resulta dañado y como consecuencia se produce el cáncer. Y todo esto fuera de las radiaciones ionizantes y teniendo en cuenta las radiaciones microonda, que hasta hace no mucho se consideraba que tenían algún impacto sólo en sus efectos térmicos.

Pero para que la comunidad científica acepte un nuevo paradigma como este hace falta un mecanismo biológico para que se lleve a cabo. Este mecanismo fue descubierto por Martin Pall en 2013 en relación a los canales de calcio dependientes de voltaje, detallado más adelante.



Fig.5 Fuente: <https://www.emfanalysis.com>

REGION		FRECUENCIA
campos electromagnéticos	Radiaciones ELF (extremadamente baja)	0 Hz a 30 KHz
	Radiofrecuencias	30 KHz a 300 MHz
	Microondas	300 MHz a 300 GHz

Fig.6 Fuente: <http://www.ladep.es>

0,03-0,3 MHz	Baja
0,3-3MHz	Media
3-30MHz	Alta
30-300MHz	Muy Alta
0,3-3GHz	Ultra
3-30GHz	Supra
30-300GHz	Muy muy alta

2.5 Cómo inciden las radiaciones no ionizantes en un cuerpo

La simple exposición a una radiación microondas provoca ciertos cambios fisiológicos en la zona afectada. Son pequeñas alteraciones que el propio cuerpo regula y no provoca daño alguno a las células.

Con la literatura que hay disponible sobre los efectos de los campos electromagnéticos, son diversos los resultados a los que se han llegado; desde conclusiones de que no crean cambios más allá de pequeñas alteraciones fisiológicas a largo término, a que la exposición puede causar efectos biológicos o adversos para la salud a corto plazo; esto dependiendo siempre de la característica analizada de una célula, tejido o sistema determinado, además del animal del que provenga la muestra.

Es importante distinguir entre efecto biológico y efecto adverso para la salud. El primero es un cambio fisiológico detectable, es decir, que el cuerpo sufre alguna modificación pero que no resulta perjudicial para este; y se produce un efecto adverso para la salud cuando la dosis de la exposición recibida sobrepasa el límite normal de variabilidad fisiológica, provocando algún proceso patológico para la célula. Y siempre dependiendo del tipo de radiación y de exposición. Como por ejemplo, el sol, que tienen un efecto inocuo al entrar en contacto con nuestra piel, incrementando el riego sanguíneo cutáneo como resultado a un ligero calentamiento producido por el Sol; pero si la exposición a los rayos ultravioleta aumenta –sin llevar protección solar-, puede llegar a devenir en un efecto biológico (quemadura) e incluso si continúa la exposición, patológico (cáncer).

La acumulación sobre un cierto espacio temporal y dependiendo de la dosis recibida, los efectos biológicos de una exposición se pueden volver en efectos adversos para la salud.

El doctor Allan Frey, en 1975, fue una de las primeras personas en descubrir los efectos biológicos de la microonda no térmica. Según lo que descubrió, la radiación de

micro-onda abre la barrera hematoencefálica⁵ de las ratas, que resulta ser muy similar a la de los humanos. El experimento fue repetido en estudios posteriores, y los resultados obtenidos han dado grandes preocupaciones, porque la barrera hematoencefálica juega un rol importante en la protección del cerebro del patógenos, toxinas y metales pesados.

Las oscilaciones electromagnéticas se propagan en el espacio en línea recta. Cuando inciden con un cuerpo pueden:

- Penetrar
- Reflejarse
- Absorberse

Cierta parte de las ondas electromagnéticas que entran en contacto con un ser vivo, son absorbidas por este. La distribución interna de la energía contenida en esos fotones es absorbida en función de diversos factores relacionados con el cuerpo sobre el que inciden:

- Tamaño
- Forma
- Distancia a la que se encuentre el cuerpo de la fuente de radiación, ya que con la distancia la energía del campo electromagnético decrece.
- Propiedades dieléctricas

Cuanto más dieléctrico sea el cuerpo sobre el que inciden las ondas, querrá decir que tiene una menor conductividad eléctrica, es decir, es más aislante. Y este material aislante tiene la propiedad de formar dipolos eléctricos en su interior bajo la acción de un campo eléctrico.

Y otros factores relacionados con las ondas electromagnéticas:

- Dependencia de la conductividad con la frecuencia
- Longitud de onda; las ondas más cortas se absorben en la superficie, mientras que las de mayor longitud producen un calentamiento más profundo.
- Propiedades dieléctricas del medio

⁵**Barrera hematoencefálica:** Barrera protectora entre los vasos sanguíneos del cerebro y los tejidos cerebrales que permite que la sangre fluya libremente hacia el cerebro pero impide el contacto entre la mayoría de las sustancias del torrente sanguíneo y las células cerebrales.

- Orientación de la incidencia de las ondas

Sin embargo, teniendo todos los conceptos de este apartado en cuenta, cuando la longitud o el grosor de una parte del cuerpo están ligeramente por debajo de la longitud de onda de radiación, se crean formas muy complicadas de dispersión y absorción.

En el caso de las microondas, la absorción de estas es tan irregular que pueden dar lugar a puntos calientes⁶. Hay científicos que consideran que los efectos de éstas no son sólo térmicos y que pueden afectar de alguna forma el sistema nervioso.

2.7 Efectos térmicos/no térmicos/atérmicos

En relación al cuerpo humano:

2.7.1 Térmico

La intensidad de la radiación al actuar sobre un cuerpo humano provoca un incremento en la temperatura y provoca un cambio en la orientación espacial de las moléculas bipolares, principalmente del agua y los iones de los tejidos.

Los órganos más afectados son:

- Cristalino
- Humo vítreo del ojo
- Órganos parenquimatosos
- Glándulas como: hígado, páncreas, ganglios linfáticos, gónadas
- Órganos huecos como: estómago, vejiga, vesícula biliar.

La frecuencia de microondas no tiene la energía suficiente como para ionizar átomos, pero pueden excitar los estados de rotación y de vibración de las moléculas, dependiendo siempre de las propiedades dieléctricas y conductoras del material.

Cuando una parte del cuerpo se somete a radiaciones aunque sea a niveles bajos, esta sufre un ligero aumento de temperatura, lo suficientemente ligero como para que

⁶**Puntos calientes:** son zonas donde hay una absorción de radiación mayor que en otros lugares, dando lugar a un aumento de la temperatura.

sea compensado por los termorreguladores normales corporales (los llamados mecanismos homeostáticos), sin llegar a notar el aumento de temperatura. El problema es cuando el tiempo de exposición y la cantidad de radiación que recibe sobrepasan los mecanismos naturales de regulación.

Es importante distinguir entre exposición y dosis, porque son conceptos bastante diferentes y en relación a los CEM no ionizantes se acostumbra a exposición y no a dosis.

La exposición se caracteriza por el contacto entre el agente que se propaga y un organismo, sin poder calcular con exactitud la cantidad de radiación, en este caso, absorbida. En cambio, una dosis es una cantidad que va a interactuar con el organismo íntegramente.

Provocan la dilatación de la barrera hematoencefálica, principalmente importante por su permeabilidad selectiva, y que al provocar la dilatación de ésta, permite la entrada a las neuronas de determinadas sustancias que no deberían entrar. Por esto mismo las radiaciones se relacionan con los tumores cerebrales, el Alzheimer, la alteración del sueño, la pérdida de memoria o el cansancio e incluso la depresión.

2.7.2 No térmico

La energía de la onda no es suficiente para elevar la temperatura por encima de las fluctuaciones normales en un sistema biológico.

Los CEM por debajo de 1 MHz no producen calentamiento significativo, sino que inducen corrientes y campos eléctricos en los tejidos.

Hay evidencias de que exposiciones prolongadas a radiaciones de baja intensidad son potencialmente nocivas, por el efecto no térmico de estas exposiciones.

Los CEM por debajo de 1MHz no producen un calentamiento destacable, pero inducen corrientes y campos eléctricos en tejidos. Como prueba de esto, se han observado alteraciones en el encefalograma, en relación a la actividad colinérgica de las neuronas. Esta actividad controla el grado de función de las sinapsis en la acetilcolina, que funciona como neurotransmisor en receptores nicotínicos y muscarínicos.

Las investigaciones en este campo están en cierta medida limitadas. De hecho, la OMS no cree necesario prestar mucha atención a los efectos no térmicos que pueden tener sobre el ser humano, considerándolos inofensivos. Además, esta institución fue la precursora de la creación del Proyecto Internacional CEM, que reúne los conocimientos y recursos disponibles actuales de instituciones científicas de prestigio internacionales y nacionales.

Pero la OMS también establece ciertos límites, como cuando calificó a través de la IARC los campos leectromagnéticos de radiofrecuencia como 2b (posiblemente cancerígeno en humanos)

Además, un numeroso grupo de científicos norteamericanos y de miembros de la OTAN⁷, niegan que las radiaciones de radiofrecuencia sin energía suficiente para inducir calor significativo en un cuerpo puedan provocar algún tipo de respuesta biológica. Como principal argumento, unánimemente opinan que este tipo de ondas no generan respuestas mutagénicas y no influyen en la iniciación de cánceres.

Martin Pall, a través de la multitud de estudios que ha hecho y revisado, ofrece una serie de amenazas y soluciones en relación a las microondas y a las radiofrecuencias de baja intensidad.

Considera que aparatos como teléfonos móviles o inalámbricos y sus bases, antenas, WiFi, radares, hornos microondas... entre otros muchos aparatos de comunicación inalámbrica constituyen, aunque no exclusivamente, una posible amenaza para la salud. Existiendo preocupación incluso por las radiaciones de frecuencia extremadamente baja como son las del cableado eléctrico, con una frecuencia entre unos 50 y 60 ciclos/segundo. Se producen ciertas cantidades de electricidad sucia que proviene de las transitorías de frecuencia, siendo los efectos biológicos de esta electricidad sucia similares a los de las microondas, por lo que puede alterar los canales de calcio dependientes de voltaje, según estudios de otros científicos como Samuel Milham⁸, la anterior mencionada Magda Havas⁹, el mismo Martin Pall... entre otros.

⁷OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte. Es una alianza militar intergubernamental, que constituye un sistema de defensa colectiva.

⁸Samuel Milham: llevó a cabo un estudio llamado "*DirtyElectricity: Electrification and theDiseases of Civilization*".(2012)

Entre las sugerencias de medidas de prevención que hace Martin Pall se encuentran las siguientes:

- **Blindar la parte posterior de los portátiles y la posterior de las tablets**, ya que es donde se encuentran el disco duro, el procesador y la batería.

Como los campos electromagnéticos no los podemos ver a simple vista, dos diseñadores del Copenhagen Institute of Interaction Design han creado las representaciones visuales de los campos electromagnéticos creados por nuestros dispositivos electrónicos.

Capturaron esta imagen (Fig. 7) en una habitación oscura y silenciosa, para probar con distintas visualizaciones. Con otro móvil gracias a una aplicación (de Android) que crearon, capturaron la intensidad de los campos gracias a sus sensores magnéticos.

Luke Sturgeon, involucrado en el estudio, comentó las conclusiones del estudio:

“Nos sorprendió la diferencia en la fuerza del campo entre objetos y lo fuerte que este campo electromagnético es en discos duros, portátiles y móviles, todos los cuales forman parte de nuestra vida diaria”.

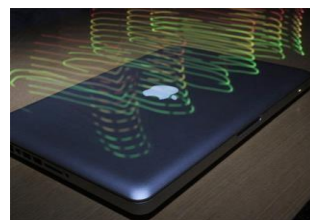


Fig.7 Fuente: <https://es.wikipedia.org>

Aunque las imágenes son claras, la información que deriva de esta investigación, según dijeron los propios diseñadores, no muestra datos claros sobre la potencia real de cada campo magnético. También señalaron que los campos de los discos duros de los portátiles con los que hicieron la prueba eran tan fuertes que al pasar los sensores del móvil fallaban.

En un disco duro (HDD) se encuentran imanes de neodimio, usados para que una bobina se pueda poner en su sitio para que una especie de aguja vaya al sitio adecuado. Estos imanes son muy potentes, por lo que generan intensidades de los campos bastante grandes.

⁹Magda Havas: enseña e investiga sobre los efectos biológicos de los contaminantes ambientales, que ha realizado estudios como “Provocation Study using Heart Rate Variability shows Radiation from 2.4 GHz Cordless Phone affects Autonomic Nervous System.”

A pesar de haber obtenido esos resultados, las imágenes no representan a la perfección el campo, ya que, por ejemplo, resulta muy complicado que las ondas sean a simple vista paralelas o que el campo electromagnético que genera el móvil con el que hacían las mediciones no interfiriera de modo alguno.

- Rediseñar las redes WiFi para reducir la exposición
- Utilizar los teléfonos móviles con los auriculares o el altavoz
- Rediseñar los teléfonos inalámbricos para que sus bases emitan tan solo cuando están en uso. Y además reduzcan la distancia a unos 6 metros, lo cual reduciría la exposición lo que se estima, unas 100 veces)
- Rediseñar todo dispositivo que emita microondas
- Colocar finas mallas de metal conectadas a tierra en las ventanas para evitar las radiaciones externas.

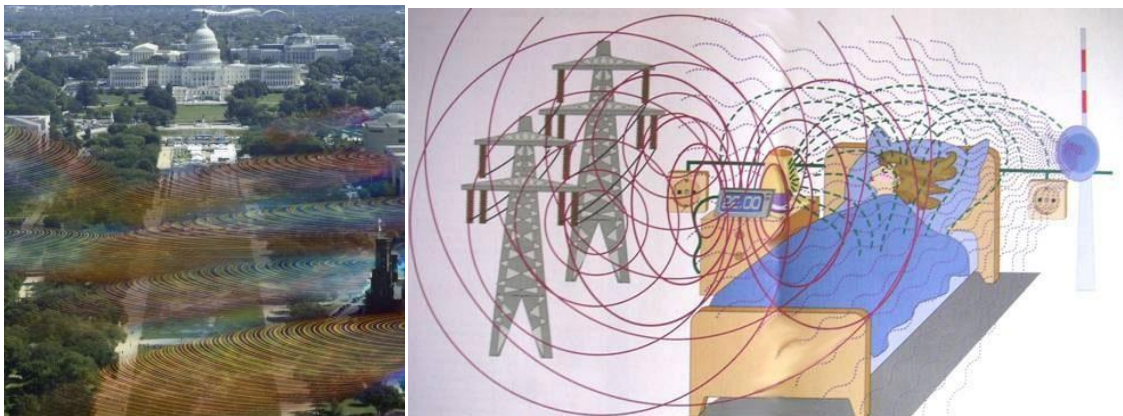


Fig.8 <http://mabuhayfisio.com> Fig.9 Fuente: <https://alimentaycura.com>

Por otra parte, aconsejan aprobar normas de seguridad diferentes a las que se encuentran vigentes actualmente, teniendo en cuenta los riesgos reales.

Según numerosos científicos hay pruebas más que suficientes aunque las industrias lo nieguen y gobernantes y legisladores (que están influidos por ella), le sigan el juego, teniendo en cuenta la gran cantidad de intereses que hay entorno a este tema.

Entre todas las características a tener en cuenta de un campo electromagnético, hay otro subapartado que hay que considerar, y es si estos campos son pulsantes o no.

2.7.3 Atérmicos

La energía de estas ondas es suficiente para provocar un aumento de temperatura a nivel corporal. Los efectos biológicos son similares a los efectos no térmicos: inducción de corrientes eléctricas, las cuales pueden estimular las células nerviosas y musculares.

En el caso de la incidencia de estas ondas sobre el cuerpo humano, no se puede medir con exactitud, por lo que se utiliza el término de exposición en lugar de dosis.

3. Investigación de los canales de calcio

Actualmente se sabe que las funciones corporales y mentales son controladas por distintos CEM producidos por el desplazamiento de partículas electroquímicas llamadas iones. Lo que en un principio sólo debe intervenir campos electromagnéticos naturales, debido a la “congestión” de aparatos electrónicos que crean sus propios campos artificiales, no es de extrañar que puedan interferir en el movimiento de muchos iones.

En el 2013, el doctor Martin Pall hizo un descubrimiento que desveló que uno de los principales efectos no térmicos de los campos electromagnéticos es la activación de los canales de calcio dependientes de voltaje en la membrana plasmática.

A partir de este descubrimiento se siguió avanzando en la investigación, debido a que los resultados de Martin Pall coincidían con los resultados de los estudios científicos realizados posteriormente, y se han ido desarrollando hasta la actualidad.

3.1 Qué son los canales de calcio

Los canales de calcio son canales iónicos, proteínas transmembrana que se sitúan en la membrana plasmática de la célula. Están constituidos por diversas subunidades y un poro acuoso que conecta el medio extracelular con el intracelular, permitiendo cuando se abre, la entrada de forma pasiva de iones calcio (Ca^{2+}) hacia el citosol.

La concentración del Ca^{2+} en el medio intracelular es 10.000 veces menor a la del medio extracelular, por eso mismo los iones de Ca^{2+} pasan a través del poro a favor de gradiente, de más a menos concentración. Ello provoca una despolarización, lo que constituye una señal de activación para muchos procesos celulares.

Es un importante mensajero intracelular usado por células tanto procariotas como eucariotas, cuya fuente principal de iones de Ca^{2+} es el medio extracelular, ya que la misma célula no puede producirlo ni destruirlo, sino controlar las concentraciones celulares. La misma célula consta de un sistema complejo que regula tanto la entrada como la salida o la distribución de estos cationes dentro de la célula:

- Proteínas encargadas de unir Ca, como la calmodulina, presente en todas las células eucariotas, especialmente el corazón y el cerebro. En su estado de

unión al ion Ca^{2+} modula actividades como la regulación de gran variedad de enzimas.

- Bombas que expulsan Ca del citosol al medio extracelular
- Proteína intercambiadora (bomba) de Na^+ por Ca^{2+} , expulsando el Ca^{2+}
- Receptores de IP3 (segundo mensajero de la transducción de señal celular) y de rianodina que movilizan el Ca almacenado en orgánulos como el aparato de Golgi y el retículo endoplasmático rugoso y liso
- Canales de Ca dependientes de voltaje, que se activan cuando se produce una despolarización de la membrana.

Todas estas partes trabajando con normalidad permiten el buen funcionamiento de la célula, ya que como con el resto de biomoléculas, muchos procesos están relacionados con otros, y muchas veces son precursores de una cascada de reacciones químicas que dan lugar a respuestas celulares mayores.

En relación de los canales de calcio y los campos electromagnéticos, en este trabajo nos centraremos en los canales de Ca dependientes de voltaje, que se encuentran en la membrana plasmática de la célula y cuya permeabilidad se puede alterar en presencia de ondas electromagnéticas de determinadas frecuencias, como explicaremos más adelante.

Este artículo fue escrito antes de que se conociera los resultados preliminares del estudio realizado por el National Toxicology Program, con 25 millones de financiamiento, dados a conocer este año. Los resultados demuestran que el cáncer y el daño en el ADN en ratas se produce por exposición a la radiación de micro-ondas no térmicas. Este estudio es tan importante que incluso la Sociedad Americana del Cáncer dijo que marcaba “un cambio paradigmático en nuestro entendimiento acerca de la relación entre la radiación y el riesgo de cáncer.” Si juntamos todos estos estudios de alta calidad que demuestran que el riesgo de cáncer y daños de reproducción se incrementan por el uso prolongado de celulares, podemos concluir que aquellos que continúan afirmando que la tecnología inalámbrica es inocua están ahora del lado equivocado de la ciencia.

Fuente: www.emfanalysis.com

3.2 Calcio como señalizador

Las señales químicas son el mecanismo que las células suelen utilizar para comunicarse entre sí, en forma de proteínas u otras moléculas procedentes de la célula emisora, que son expulsadas al espacio extracelular. Para que pueda llegar esta señal a las células receptoras, llamadas células diana, estas deben tener el receptor adecuado para esta señal. Cuando la molécula señalizadora o ligando y la receptora se unen se produce un cambio dentro de la célula, pasando por varias series de mensajeros químicos intracelulares.

Las proteínas suelen ocuparse de la transducción de señales, es decir, el proceso de convertir una señal o estímulo exterior en una respuesta específica en el interior de la célula, aunque muchas veces otras moléculas no proteicas participan también, como son los llamados segundos mensajeros, que pasan la señal iniciada por la unión a un ligando (que actúa como primer mensajero) al receptor.

Los iones de calcio son moléculas no proteicas, un tipo de segundos mensajeros. En los pasos de señalización liberan un ligando que se une a los canales de Ca^{2+} y los abre, permitiendo el paso de iones calcio del medio extracelular o de orgánulos de la propia célula, al citosol, elevando la concentración.

Pero esta señalización por calcio no ocurre de la misma forma en todas las células. Se pueden distinguir dos tipos de células: las excitables y las no excitables. Las primeras son células animales capaces de disparar impulsos eléctricos en sus membranas y provocar la señalización de calcio dependientes de voltaje provocando que se abran; y las segundas, en muchas animales y todas las vegetales, el estímulo estimula la producción de la proteína IP3 que expulsa Ca^{2+} desde orgánulos de la misma célula.

Son células excitables aquellas que pueden incitar la apertura de sus canales de calcio dependientes de voltaje mediante impulsos eléctricos, como son las células neuronales, las musculares, las cardíacas o las células beta pancreática; provocando fluctuaciones en el potencial de sus membranas.

3.3 Potencial de membrana alterado por campos electromagnéticos

La bicapa lipídica de la membrana plasmática actúa como barrera selectiva para la difusión de iones, generando una diferencia entre las cargas positivas y negativas entre el medio interno y externo de la célula, es decir, una diferencia de potencial, muy importante para diferenciarlo del entorno y que la célula se pueda desarrollar con normalidad. Esta diferencia suele estar entre 60/70mV. Cuando la célula está en reposo, el potencial de membrana se llama potencial en reposo, tomando la carga externa como cero, y la interna, cuya carga es negativa, corresponden los valores de -60/-70mV. Así que el potencial de membrana es de -60/-70mV.

Cuando pasa un flujo de iones desde el exterior o el interior de la célula, el potencial cambia. De estar el potencial de membrana a cero de forma permanente, significa muerte celular. Cuando se produce una diferenciación entre las cargas externa e interna de la célula, si disminuye se produce una despolarización, y si aumenta, una hiperpolarización.

Son en las células excitables¹⁰ donde las ondas electromagnéticas pueden interferir en las señales eléctricas de la superficie de la membrana plasmática, provocando que los canales de calcio dependientes de voltaje no funcionen correctamente y que permitan pasar más iones calcio de los que la célula necesita. Es esto lo que dificulta o impide las respuestas bioquímicas normales de las células, tejidos, órganos y sistemas.

La mayoría de células del organismo poseen canales de calcio, pero se encuentran de diferentes tipos y en diferentes cantidades dependiendo del tipo de función celular y si son excitables o no. En las células del sistema nervioso prácticamente todos los neurotransmisores se liberan al activarse los canales de calcio, de ahí que la alteración de éstos pueda ser la causa de todo problema neurodegenerativo y psiquiátrico.

Desde el Instituto de Biología Molecular tratan de confirmar que un exceso de calcio intracelular pueda ser la causante o precursora de la muerte de neuronas, que se produce en enfermedades tales como el Alzheimer y otras enfermedades neurodegenerativas.

¹⁰**Células excitables:** Son aquellas que se activan al recibir un estímulo y cuya función principal es la de activar procesos intracelulares.

Además, otros procesos están involucrados en el aumento de calcio intracelular, no sólo el acceso de éste al citosol por medio de los canales de calcio de la membrana plasmática, sino que un déficit de oxígeno también aumenta el calcio intracelular en las neuronas y disminuye el extracelular.

Hay que tener en cuenta que hasta la mayoría de las hormonas del cuerpo se liberan bajo el control de mecanismos desencadenados por la activación -y la consecuente entrada de iones- de los canales de calcio.

En el caso de las neuronas, ya hemos comentado que al abrirse estos canales, se liberan neurotransmisores, pero en otras células excitables como son las musculares, el exceso intracelular de iones calcio provoca la contracción de los músculos. Si eso tiene lugar en las arterias, la presión sanguínea aumenta, y es más, también puede provocar una producción excesiva de colágeno y el consecuente endurecimiento de los tejidos.

En el caso de los marcapasos, tienen una cantidad de canales de calcio dependientes de voltaje muy altas, lo cual quiere decir que son muy susceptibles a ser activados. En el corazón, la hiperactividad de los canales de calcio produce taquicardias y arritmias, lo que en el peor de los casos puede llevar a la parada cardíaca. De hecho, se ha comprobado que los corazones aislados de animales expuestos a microondas, desarrollan taquicardias y arritmias.

Llevando este hecho al organismo humano no se le pueden atribuir directamente los resultados en otras especies con el nuestro, pero sirve para hacerse una idea de que si pasa en unos organismos con tejidos similares a los nuestros, puede pasarle lo mismo o algo similar a nuestro organismo. Pero para afirmarlo es necesario hacer experimentos sobre humanos, como los realizados por Magda Havas, que demostró que se producen taquicardias cuando se expone una persona al teléfono móvil.

Actualmente en la sociedad hay un aumento de taquicardias, arritmias y paradas cardíacas repentinas a pesar de que la enfermedad cardíaca isquémica esté en retroceso. Aunque en este caso es difícil determinar si los aparatos electrónicos de nuestro alrededor tienen algo que ver en esto, o si constituyen una parte importante para que se produzca, ya que estamos expuestos a multitud de otros estímulos que pueden contribuir en mayor medida en la muerte cardíaca repentina.

El científico W.R.Adey demostró que incluso los CEM débiles pueden alterar los canales de calcio y con ello provocar cáncer por la rotura de la doble cadena de ADN a causa de la aparición de peroxinitrito y otros subproductos de desecho.

Es decir, se abren los canales cuando hay un sutil cambio de potencial eléctrico de la membrana, cosa que resulta las radiaciones electromagnéticas artificiales también pueden provocar. Y de estas radiaciones estamos rodeados constantemente.

La televisión, la radio, el móvil, el router del WiFi, ordenadores, tablets... todos ellos crean campos electromagnéticos de mayor o menor potencia, con longitudes y frecuencias distintas. Cuando los usamos “entramos” en su campo de acción, y hay una cierta energía que absorbemos, dependiendo de los factores ya dichos en el apartado de los CEM de los primeros folios del trabajo: tamaño, forma, orientación, propiedades dieléctricas, conductividad de la frecuencia, para el objeto en el que inciden; la longitud de onda, dependiendo de la emisión; y las propiedades dieléctricas del medio. Los efectos por exposición han generado y generan mucha controversia. Hay más de 20.000 estudios sobre la incidencia de las radiaciones electromagnéticas sobre la salud, pero se considera que son evidencias insuficientes para llegar a hacer cambios globales en las leyes actualmente vigentes.

Entonces, hemos dicho que estos canales proteínicos dependientes de voltaje se abren o se cierran a través de impulsos eléctricos, y ahora se sabe que las radiaciones electromagnéticas pueden interferir y alterarlos.

Sobre los efectos a la exposición de estas radiaciones, los hallazgos relacionados con las microondas son los que suscitan mayor preocupación. Estas han aumentado mucho en los últimos años, con nuevos aparatos electrónicos a los que estamos expuestos cada vez más tiempo. Hay estudios revisados que corroboran que la exposición a las radiaciones microondas modifica la señalización de estos canales de calcio.

Además, las conclusiones de esos alrededor más de 20.000 trabajos de literatura científica no son explicables con el paradigma de los efectos térmicos de las microondas, sino con el nuevo, el de la alteración de los canales de calcio dependientes de voltaje, tanto por estas radiaciones o por otras radiaciones electromagnéticas (REM).

En uno de los estudios del Doctor D.J.Panagopoulos¹¹, se demostró que la vibración coherente de carga eléctrica es capaz de alterar la apertura de los canales electrosensibles en la membrana plasmática, y por lo tanto alterar el equilibrio electroquímico de la célula y su función.

El que la concentración de Ca^{2+} sea la adecuada es importante para que muchos de los mecanismos biológicos de un organismo funcionen con normalidad, si hay una concentración de Ca^{2+} intracelular por encima del necesario, ello desemboca en múltiples alteraciones biológicas que producen una cascada de eventos, como la siguiente, dicha de forma simplificada: la alta concentración de Ca^{2+} provoca una elevación de óxido nítrico, la creación de peroxinitrito y un consecuente estrés oxidativo (los tres conceptos explicados más adelante). Además de tener otros efectos biológicos, como el aumento de óxido nítrico.

¹¹D. J. Andreas Panagopoulos: científico autor del estudio: *Analyzing the health impacts of modern telecommunications microwaves*.

4. Radicales libres

Parece que actualmente los radicales libres están tomando más presencia en la sociedad. Ya sea por el cuidado de la alimentación por el consumo cada vez mayor de comida basura y la consecuente falta de antioxidantes en la dieta, o por la venta de cremas anti-edad que anuncian su poder en contra de los radicales que contribuyen al deterioro de la piel, cada vez se escucha más este concepto. Y aparte de que es cierto que afectan a la piel a largo plazo, sus efectos van más allá de su impacto en la estética, siendo éste el menor de los efectos que pueden tener sobre el buen funcionamiento de nuestro organismo.

Antes de seguir es importante saber qué es eso de los *radicales libres* y cuáles son sus características, para poder comprender el impacto que pueden tener sobre nuestra salud y la influencia de la presencia de CEM en su producción, y para ello es necesario hacer un repaso de Química básica:

Como ya sabemos, los átomos son la unidad básica de toda materia. A partir de estos se forman moléculas, que junto a los primeros formarán células, que formarán tejidos y que darán forma a los órganos de los sistemas que constituyen un organismo complejo, como es el ser humano.

Los átomos son las partículas más pequeñas en que un elemento puede ser dividido sin perder las propiedades químicas que lo caracterizan y son los responsables de que produzcan reacciones químicas, al formar o romper enlaces entre estos. El átomo en sí está constituido por un núcleo formado por protones (carga positiva) y neutrones (sin carga) fuertemente unidos entre sí, y con uno o más electrones (carga negativa) "orbitando" a su alrededor. Estos electrones están por orden de prioridad en diferentes capas o niveles circundando al núcleo. Se irán llenando según el número de electrones que soporte cada una de ellas, no formando otra capa sin la anterior estar completa. Estos van completando capas hasta llegar a la última, la llamada capa de valencia, que determina las propiedades químicas del átomo, debido a que son los responsables de que ocurran las reacciones químicas tradicionales.

Llegados a este punto, con un átomo cualquiera con todas sus unidades subatómicas, si la capa de valencia está completa, se considera que el átomo está estable o inerte, porque no reacciona con nada; en cambio, si no lo está, se dice que el átomo es

químicamente inestable, porque intentará completar la capa de valencia estableciendo enlaces con otros átomos, cediendo, compartiendo o aceptando electrones con tal de conseguir la máxima estabilidad, lo que quiere decir que interactuarán con las moléculas que se encuentren a su alrededor buscando estabilidad, lo que provocará el daño de éstas.

Cuando una molécula se oxida lo que hace es perder uno o varios electrones y cedérselos a otra molécula (agente oxidante), perdiendo la primera estabilidad y pudiendo generar radicales libres.

Los átomos inestables con frecuencia están aislados, pero son relativamente infrecuentes cuando forman compuestos en sistemas orgánicos. Y son estas especies químicas las que se conocen por radicales libres, o radicales, simplemente, porque el “libres” no se considera necesario. Estos pueden ser tanto átomos como moléculas, que un único electrón no apareado en la última capa, y reaccionan con velocidad para obtener de otra molécula el electrón que les falta para conseguir la estabilidad, pero si le “quita” un electrón a la otra molécula, esta se quedará inestable y se convertirá en otro radical libre y así sucesivamente. Tienen un período de vida de microsegundos, realmente corto, pero el suficiente para crear un gran daño a las moléculas que los rodean, provocando una cascada de sucesos que puede dañar gravemente lípidos, proteínas, ácidos nucleicos (ADN, ARN) e incluso provocar la muerte celular.

En el ser humano los radicales descritos son:

- Anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$)
- hidroxilo ($OH\cdot$)
- óxido nítrico (NO)
- peroxilo ($ROO\cdot$)

Son consideradas moléculas muy reactivas y que pueden causar daño (y si este se prolonga) e incluso la muerte celular. Los componentes celulares que suelen salir más perjudicados son los ácidos grasos insaturados de los fosfolípidos de las membranas celulares, proteínas como las enzimas transportadoras de iones a través de las membranas y ADN.

4.1 Producción de radicales

En nuestro organismo, la mayor producción de radicales tiene lugar durante el metabolismo celular, o respiración celular, principalmente a nivel de la cadena de transporte de electrones de la membrana interna mitocondrial, en la fagocitosis, la síntesis de prostaglandinas y el sistema de citocromo P450 en el hígado. El sistema inmunológico también los fabrica para atacar y eliminar agentes patógenos, y una vez cumplido su cometido son neutralizados por el organismo. Los radicales también se pueden generar a partir de reacciones no enzimáticas como las reacciones del oxígeno con compuestos orgánicos, y las que son producidas por las radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Pero aparte de en el sistema inmunológico, la capacidad oxidante de los radicales también tiene un uso en la respiración celular. Alrededor del 20% del aire que respiramos es oxígeno, y una pequeña parte de este durante la respiración mitocondrial es transformado en diversos radicales libres de oxígeno o EROS. Como son moléculas muy oxidantes, las mitocondrias las utilizan para degradar completamente por oxidación compuestos orgánicos como la glucosa, que es el principal combustible de las mitocondrias. El proceso entre la oxidación de la molécula orgánica se llama fosforilación oxidativa, el cual proporciona energía aprovechable para la célula en forma de ATP. Este proceso es muy importante para mantener el equilibrio del organismo, incluida la eliminación de estos radicales por el sistema antioxidante una vez cumplido su objetivo.

Durante el desarrollo normal de la respiración celular, los radicales oxidan moléculas que se encuentran a su alrededor antes de ser eliminados por los mecanismos antioxidantes del propio organismo, por lo que de forma natural también nos vamos degradando poco a poco. El problema se presenta cuando la producción de radicales supera a la protección antioxidante que los neutraliza y la célula queda expuesta a un ambiente prooxidante, es decir, de especies reactivas del oxígeno (EROS) sin antioxidantes suficientes que los eliminen o que reparen rápidamente moléculas dañadas; provocando un exceso de radicales, que fuera del impacto controlado que tienen normalmente, se desborda y provoca una cascada de sucesos que puede

llegara a provocar la muerte celular. Cuando el balance redox¹² de la mitocondria resulta afectado, este proceso recibe el nombre de estrés oxidativo.

El estrés oxidativo ha resultado ser un componente crítico del proceso de envejecimiento; la iniciación y desarrollo de enfermedades de gran morbilidad y mortalidad. Sus múltiples efectos dependen de la magnitud de los cambios y la capacidad de la célula de superar las pequeñas perturbaciones y repararlas volviendo a su estado original. Puede afectar a cualquier tipo celular, pero varias características del cerebro y de las neuronas hacen a las células cerebrales especialmente sensibles, tal y como explica el libro “Estructura y función del sistema nervioso”, de Víctor Manuel Alcaraz.

Se sabe que la rotura de la doble cadena de ADN produce cáncer, pero entre los hechos verificados entorno a este tema, esto primero más otros cambios en el ADN producidos por peroxinitrito y otros subproductos, también lo pueden producir.

4.2 Calcio intracelular y óxido nítrico

Dicho esto, volvemos con los canales de calcio, y es que el exceso de estos iones en el interior de la célula está íntimamente relacionado –entre otras cosas-, con la concentración de óxido nítrico en el interior de la célula.

El exceso de Ca^{2+} en el citoplasma crea un aumento de óxido nítrico (gas que pertenece al grupo de los que denominan radicales libres de nitrógeno (RNS). Este radical en exceso durante períodos de tiempo largos deja de tener el efecto de regulador fisiológico sobre la célula, y pasa a ser una molécula citotóxica y citostática.

Como parte positiva, el óxido nítrico está involucrado en la homeostasis de una gran variedad de procesos biológicos. Este radical producido por los macrófagos (células del sistema inmunitario situadas en los tejidos), resulta citotóxico para ciertos microorganismos y células tumorales. Pero si se produce en exceso, puede oxidar los grupos sulfhidrilos de las proteínas, creando una disminución de glutatión y puede

¹²**Redox:** Esequilibrio químico que se da en una reacción de reducción-oxidación

reaccionar con el anión superóxido, formando dióxido de nitrógeno, que es un gran oxidante, y además un radical hidroxilo, que es muy reactivo.

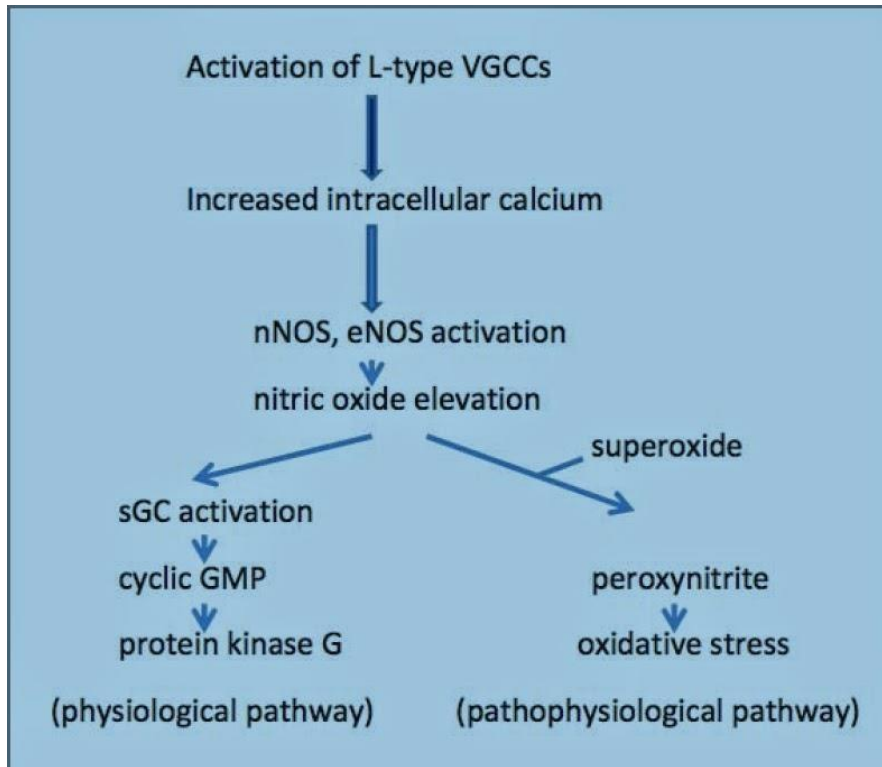


Fig.10 Fuente:<http://seguridad-wireless.blogspot.com.es>

Este esquema representa el proceso en el que los iones calcio aumentan los niveles de óxido nítrico y el conjunto de procesos que llevan a un estrés oxidativo. Pero vamos a analizarlo paso por paso y con más exactitud:

El aumento de Ca^{2+} intracelular se debe a la activación de las dos sintasas del óxido nítrico, que se activan ante el estímulo del calcio y calmodulina (que es una proteína intracelular encargada de la transducción de la señal de calcio). Esto provoca que la concentración de óxido nítrico aumente. Y a partir de aquí, como se muestra en el esquema, el óxido nítrico puede actuar de dos formas: dando una respuesta fisiológica normal, o el desarrollo de una respuesta patológica.

4.2.1 Respuesta fisiológica normal.

Estimulación de la señalización de ácido nítrico a través de la vía del óxido nítrico y del GMP cíclico y la proteína G quinasa. Esta última se cree que es la principal vía por la que el óxido nítrico actúa para crear respuestas fisiológicas. También tiene que ver con los efectos terapéuticos que pueden tener los campos electromagnéticos

4.2.2 Respuesta patológica.

Al aumentar la concentración de óxido nítrico, reacciona con el anión superóxido y se crea peroxinitrito, como ya hemos dicho, y provoca un gran estrés oxidativo, que puede llegar a dañar la célula (incluyendo ADN y proteínas) si los mecanismos de defensa antioxidante son sobrepasados. El aumento de peroxinitrito, que es un potente agente oxidante y nitrante, puede provocar una excesiva actividad de unos determinados neuroreceptores del sistema nervioso, pudiendo llevar a la muerte neuronal.

Estos son unos de los posibles mecanismos desarrollados ante la influencia de los CEM, los cuales con el viejo paradigma (el de los efectos térmicos) no puede explicar.

El paso de óxido nítrico a peroxinitrito está implicado en lo que se llama carcinogénesis inflamatoria. Esto se debe a que cuando las moléculas se oxidan, hay una parte del organismo que está siendo destruida o alterando su función, lo que genera inflamación o procesos degenerativos en el tejido que resulta afectado.

Y lleva a cabo las funciones biológicas siguientes:

- Positivas:
 - Función vasodilatadora, participando en la reducción de la hipertensión y la protección del sistema cardiovascular.
 - Es un neurotransmisor y neuromodulador, que resulta fundamental en el sistema nervioso.
- Negativas (en exceso)

- Debido a su toxicidad está relacionado con el shock hipovolémico en la sepsis.
- Excitotoxicidad o muerte celular.

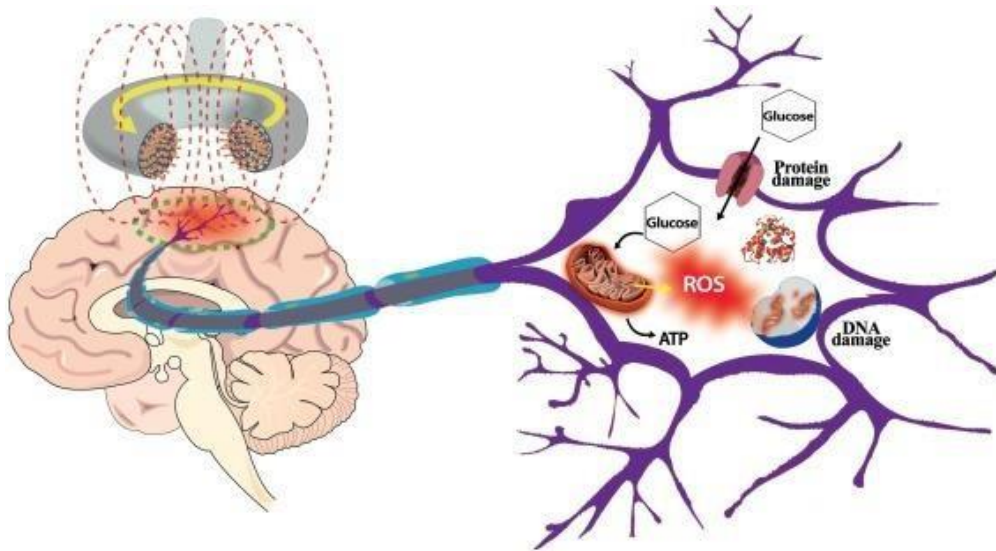


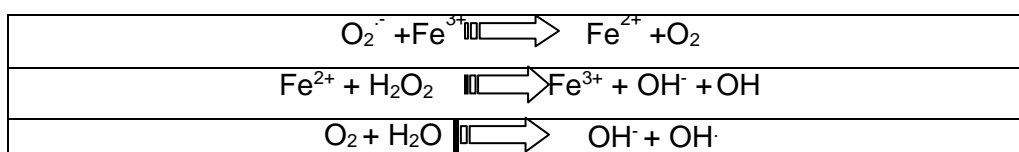
Fig. 11 Las mitocondrias como “fábricas de radicales”. Fuente: <http://www.sciencedirect.com>

En las últimas décadas se ha descubierto que las mitocondrias son muy importantes en la regulación de la homeostasis del calcio.

Se considera que las mitocondrias constituyen la principal fuente orgánular de radicales oxidativos.

- En el interior de éstas se genera el anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$) durante el transporte electrónico.
- La enzima superóxidodismutasa (SOD) transforma el $O_2^{\cdot-}$ en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a través ed la reacción de Fenton.
- El H_2O_2 reacciona con Fe^{2+} , dando lugar al radical hidroxilo (OH^{\cdot})

La reacción de Fenton fue descrita por los científicos Ebadi y Mattson en 1996 y 1998 respectivamente.; y es la siguiente:

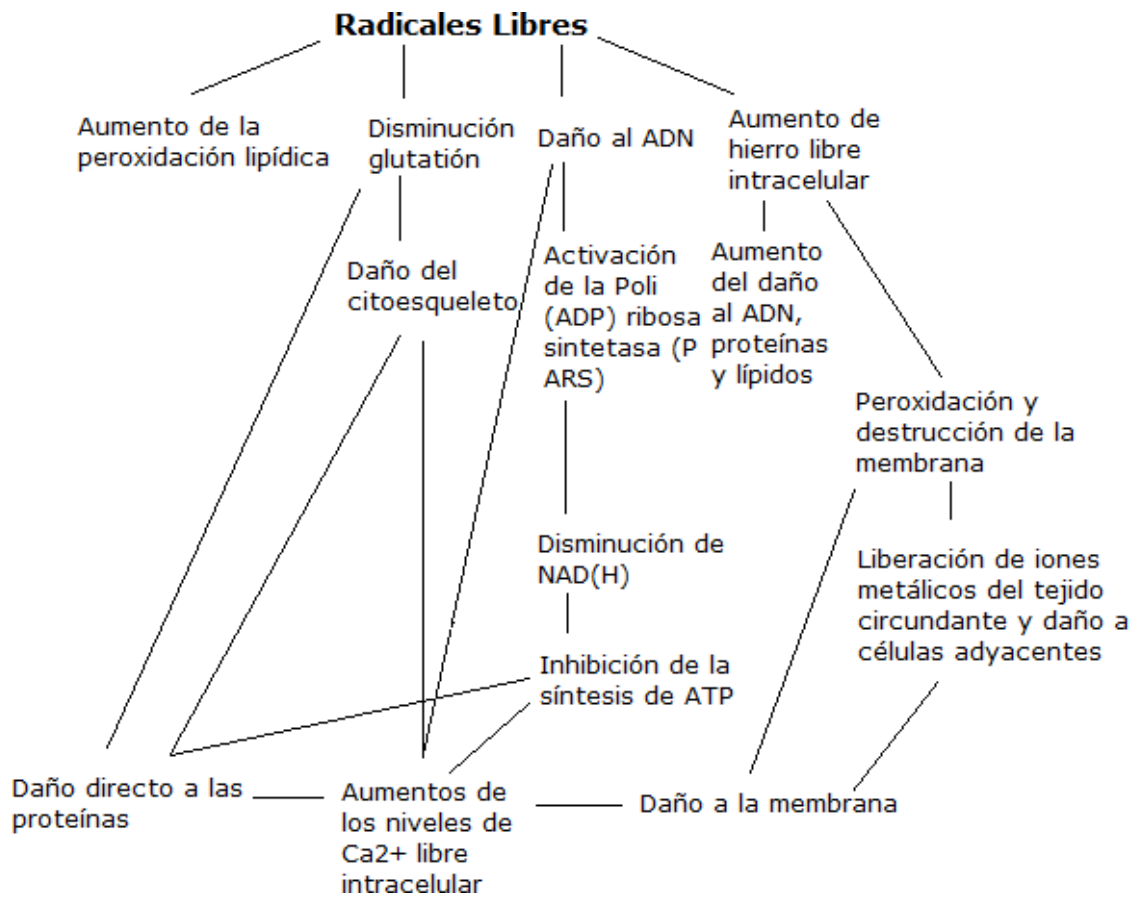


En 1995, el científico llamado BurdonSandersonHaldane, y en 1998 otro científico llamado Mattson S., afirmaron que el $O_2^{\cdot-}$ puede interactuar también con el óxido nítrico (NO) para formar peroxinitrito ($ONOO^{\cdot-}$), como comentamos anteriormente.

Entre todos los radicales libres se puede considerar que el OH^{\cdot} es el más dañino de todos, ya que a pesar de que tenga una vida de una fracción de segundo, puede llegar a:

- Destruir enzimas proteolíticas
- Inhabilitar polisacáridos
- Provocar una peroxidación lipídica de la membrana (los lípidos se van oxidando y degradando. Los radicales libres van “capturando” electrones de la membrana celular) (PLM), lo que crea una alteración de su permeabilidad selectiva y las funciones relacionada con la misma membrana.

El peroxinitrito ($ONOO^{\cdot-}$) puede ocasionar daño directo a las proteínas e incluso al ADN, además de que es también un potente inductor de la PLM que puede llegar a producir un gran daño en las neuronas, las cuales son especialmente sensibles a este proceso.



En esta imagen se puede ver de qué forma influyen los radicales en las células y el daño que pueden llegar a producir, mostrando los mecanismos interactivos que desencadenan.

Los hidroxilos y el peroxinitrito inducen la PLM, y es en este proceso cuando los radicales atacan la doble unión de los ácidos grasos de los fosfolípidos de las membranas plasmáticas, pudiendo producir daño en:

- Membrana plasmática
- Mitocondria
- Retículo endoplasmático

Además de modificar la activación de los canales iónicos y la liberación de neurotransmisores.

La PLM lo que conlleva, en resumen, es un deterioro de los fosfolípidos y la pérdida de la integridad de la membrana, que provoca la muerte celular. En concreto lo que hace es que no funcione correctamente la homeostasis iónica y aumenta la vulnerabilidad celular ante la excitotoxicidad (sobreactivaciones de receptores del neurotransmisor excitatorio glutamato) por la alteración de los sistemas reguladores del retículo endoplasmático y las mitocondrias. Y es el flujo de Ca^{2+} y la activación por este de los receptores e glutamato, el que está estrechamente relacionado con la muerte neuronal inducida por PLM, porque remueve el Ca^{2+} extracelular.

Entonces, se repite en bucle el mismo proceso: la PLM conduce a un aumento de la concentración de Ca^{2+} , que al mismo tiempo promueve la PLM con la producción de NO y O_2^- y la activación de ciertas fosfolipasas que generan especies reactivas del oxígeno (EROS)

En las últimas décadas se ha descubierto que las mitocondrias son muy importantes en la regulación de la homeostasis del calcio, además de éste, al encontrarse libre en la matriz mitocondrial aumenta la producción de ATP al controlar el funcionamiento de diversas enzimas que tienen como sustrato productos resultantes del ciclo de Krebs.

El hecho de que la cantidad de iones calcio que entren a la matriz mitocondrial sea la necesaria y que esté regulado con precisión, ya que de no ser así se crea una sobrecarga que crea pérdidas energéticas y de alteraciones en su morfología que promueven el desarrollo de factores apoptóticos o que producen necrosis. Es decir, si se producen radicales que dañan a las mitocondrias, estas tampoco funcionarán correctamente, provocando:

- Un aumento de radicales que alteran su función
- Un déficit energético que no resulta ser suficiente para metabolizar los nutrientes, lo cual lleva a que se almacene en forma de grasa*. El que las mitocondrias no proporcionen la energía suficiente induce a la mitocondria a un estado hipotóxico, que la expone al daño del ADN mitocondrial a causa de los radicales libres, convirtiéndose en un lugar idóneo para el desarrollo de cáncer.

(lo que lleva por otra parte que si se engorda, aumenta la resistencia a la insulina, favoreciendo la aparición de diabetes -que aumenta las probabilidades

de tener Alzheimer- y de enfermedades neurodegenerativas, además de que los radicales favorecen también la aparición de Parkinson)

Está demostrado que incluso los CEM débiles pueden alterar estos canales y a causa del peroxinitrito y otros subproductos de desecho provocar cáncer por la rotura del ADN. Pero en este caso hay otros factores que determinan esta rotura y el tiempo de exposición debe ser largo.

La mayoría de células del organismo poseen canales de Ca, y este funciona como activador, en particular en las neuronas (de hecho casi todos los neurotransmisores se liberan a la activación de estos canales), pero si se encuentra de forma excesiva puede provocar la muerte de éstas y otras enfermedades neurodegenerativas.

Los efectos nocivos para la salud se producen sobre todo cuando las frecuencias de modulación del aparato electrónico se encuentran dentro de las frecuencias de las propias ondas cerebrales, tal como sucede con la telefonía móvil.

Los campos electromagnéticos de los que estamos hablando están formados por fotones de base energética que no tienen la energía suficiente para modificar la química de nuestro cuerpo.

La gran pregunta es si esta energía de fotón es demasiado débil como para influenciar nuestra biología por efectos no térmicos. Y son muchos los estudios que vienen a mostrar que sí lo hacen.

Las normas de seguridad internacionales se ciñen a la hipótesis de que no pueden hacerlo, y son los efectos térmicos en los que debemos tener mayor precaución, de manera que las exposiciones a efectos térmicos muy bajos o ultrabajos no pueden producir efectos biológicos.

Estos estándares de seguridad relacionados con los campos EMF y micro-ondas son falsos por tres razones diferentes:

- Los efectos son debidos a la activación de los canales cálcicos voltaico-dependientes y no al efecto térmico (calor).
- Más de 20.000 estudios científicos han clasificado estados biológicos observados, mientras que nuestros estándares de seguridad actuales prevén que estos efectos no deberían existir.

- Los campos pulsados se muestran más activos a nivel biológico que los no pulsantes.

Existen miles de artículos entre la literatura científica que exponen los efectos biológicos debidos a exposiciones que están dentro de los parámetros de seguridad.

Otro tipo de prueba que tiene su importancia es que después de más de 30 años de estudios, se sabe que los campos electromagnéticos pulsados son con frecuencia mucho más activos biológicamente que los campos no pulsados. Entonces, esto es incompatible con la idea de los efectos térmicos, ya que que los campos pulsados producen o menos calor, o la misma cantidad de calor, según cómo se realice el estudio o experimento.

Recientemente se ha conseguido resolver este importante enigma, a nombre del Dr.MartinPall, un experto a nivel nacional. Como ya hemos dicho, los CEM activan los canales de calcio dependientes de voltaje, y son estos efectos quienes conducen a los efectos biológicos de la exposición a los CEM.

La mayor evidencia de esto es que toda una serie de estudios muestran que en los estudios sobre la exposición a diversos campos electromagnéticos de baja frecuencia, todos los efectos producidos pueden ser bloqueados por inhibidores de los canales cálcicos, es decir por medicamentos que inhiben los canales dependientes de voltaje.

Estos hechos están igualmente avalados por estudios de modelos biofísicos de Panagopoulos que exponen que los CEM pueden actuar a través de sus interacciones con los residuos de aminoácidos cargados que regulan la apertura y el cierre del canal para abrir los canales iónicos dependientes de voltaje.

El aumento de Ca^{2+} intracelular, producida por activación de estos canales de calcio, provoca la estimulación de la síntesis del óxido nítrico (NO), lo cual puede igualmente jugar un papel importante.

El doctor A. A. Pilla¹³ demostró meses atrás que estas exposiciones a las hiperfrecuencias pulsadas de las CEM producen aumentos casi instantáneos del Ca^{2+} intracelular, pero también de la síntesis del óxido nítrico (NO) lo cual ocurre en menos de 5 segundos:

¹³A. A. Pilla: científica que llevó a cabo el estudio: *BioelectricalRepair and GrowthSociety*

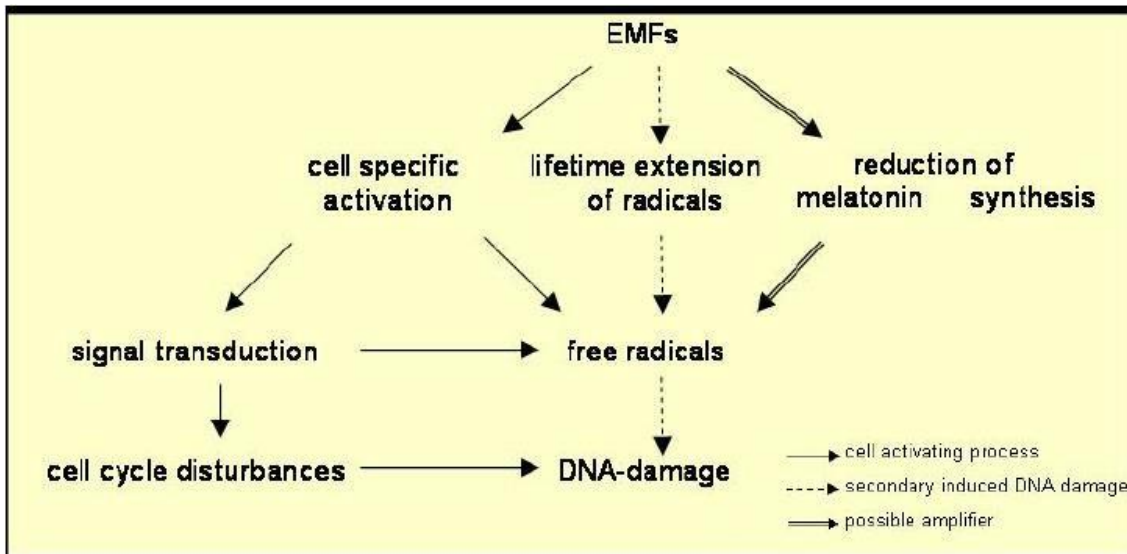


Fig.12 Fuente: <https://www.researchgate.net>

Los resultados del trabajo del doctor Martin Pall fueron publicados por la empresa Cosmosystems SL, después de que éste diese su consentimiento. Son los siguientes, de forma resumida y con alguno de sus comentarios:

Demostó experimentalmente las principales modificaciones iónicas en relación a los CEM, que son los iones de calcio y el óxido nítrico, y las disfunciones que generan. De hecho, al estar expuesto a los CEM de un móvil o un portátil, la taza de óxido nítrico aumenta alrededor de un 40%.

- Cómo influyen los CEM en los canales de calcio, explicando los diversos síntomas que con frecuencia son juzgados como “psicosomáticas”, que llevan a la hipersensibilidad electromagnética o EHS, por sus siglas en inglés.
- El mal funcionamiento de estas proteínas es el desencadenante de gran variedad de patologías, como las siguientes: fibromialgia, sensibilidad química múltiple, electro-hipersensibilidad a los campos magnéticos, fatiga crónica, etc.

Los efectos biológicos son muchísimos, pero a pesar de esto, Martin Pall estableció dos parámetros:

- La concentración de calcio intracelular, en el citosol, ya sea que provenga del espacio extracelular o de orgánulos de la misma célula.
- La concentración de óxido nítrico en la sangre.

Estos dos conceptos son los responsables de la creación de la cascada de sucesos que conducen a las anomalías mencionadas en los puntos anteriores.

5. Núcleos supraquiasmáticos (NSQ)

Los CEM artificiales también pueden afectar al reloj biológico, lo que lleva a una alteración de los ciclos diarios fisiológicos (ciclos circadianos¹⁴, cerca de un día), incluyendo la alteración en la secreción de hormonas.

Nuestro reloj biológico está constituido por los núcleos supraquiasmáticos, dos áreas de nuestro cerebro situadas en el centro del hipotálamo y conectadas al exterior a través del nervio óptico, encargadas de controlar los ritmos de la actividad diaria de:

- Sistema inmunitario
- Sistema antioxidante
- Funcionamiento mitocondrial.

Estos ritmos circadianos se controlan mediante la secreción de melatonina a través de la glándula pineal.

La ritmicidad del reloj biológico genera señales que se distribuyen por todo el organismo para que éste funcione de manera coordinada.

En el caso de la melatonina, la glándula pineal tiene una la mayor actividad de durante la noche, cada veinticuatro horas.

La mayor parte los trastornos de sueño son debidos a una alteración del generador de ritmos circadianos en nuestro organismo.

En ocasiones los casos de insomnio son un indicador de que hay un desajuste en el resto de ritmos circadianos, por lo cual no debe corregirse simplemente el insomnio, sino también el resto de ritmos que regulan todas nuestras funciones biológicas: sueño/vigilia, ritmos hormonales, actividad/reposo, temperatura corporal, actividad metabólica... Si llega a tener lugar esta alteración, esta situación recibe el nombre de cronodisrupción.

La cronodisrupción es la alteración de los ritmos dependientes del reloj biológico y de la melatonina. Por esto mismo la presencia de luz en multitud de aparatos electrónicos y el uso frecuente que tenemos de ellos incluida la noche, y el déficit de melatonina, se asocian a enfermedades como la diabetes de tipo II, enfermedades neurodegenerativas, síndrome metabólico y cáncer.

¹⁴**Ciclo circadiano:** su valor de periodo les permite sincronizar a los ritmos ambientales que posean un valor de periodo entre 20 y 28 horas, como son los ciclos de luz y de temperatura.

Los NSQ reciben la información de la luz, y gracias a las células ganglionares de la retina, pasa a través del tracto retinohipotalámico y llega al hipotálamo. El NSQ recibe la información, la interpreta, la envía al ganglio cervical superior, y de ahí la señal pasa a la glándula pineal que secreta la melatonina y esta se agrega a la circulación llegando en muy poco tiempo a todo el cuerpo.

5.1 Glándula Pineal

Se sitúa en el centro del cerebro y está involucrada en la síntesis y secreción de neurohormonas como la melatonina o la serotonina, liberadas desde el pinealocito (las propias células de la glándula pineal).

La glándula pineal elabora la melatonina en ausencia de luz, por lo que normalmente se segrega por las noches y se inhibe durante el día. De esta manera se regulan así los ciclos de sueño, hormonales... así como otros procesos que siguen ritmos circadianos.

Los campos magnéticos artificiales está comprobado que alteran la actividad de las células pineales, provocando una disminución de la segregación de melatonina en los momentos de mayor actividad, lo que por otra parte disminuye la capacidad de respuesta del sistema inmunitario.

De hecho, según el profesor Russel Reiter, basándose en diversos estudios que ha realizado relacionados con la glándula pineal, afirma que los campos electromagnéticos artificiales tienen el mismo efecto en la glándula pineal que la luz, impidiendo el proceso regenerador nocturno.

5.2 Melatonina

La melatonina¹⁵ es una hormona conocida principalmente por su papel controlador del ciclo del sueño. Es un derivado de la serotonina¹⁶, participa en multitud de procesos

¹⁵La **melatonina** es abundante en la levadura y en los vegetales. También la venden en botes o pastillas como complemento alimenticio.

celulares, neuroendocrinos y neurofisiológicos, y además de esto, es un potente neutralizador de radicales libres, lo cual lo convierte en un componente importante en la protección antioxidante del organismo.

Las concentraciones en sangre son mayores por la noche, de 3 a 10 veces superior a las concentraciones diurnas.

Hay estudios que demuestran que personas que están expuestas a los CEM de microondas tienen unos niveles de melatonina por debajo de los normales, sobre todo en las exposiciones por la tarde o la noche (cuando el organismo está en oscuridad), que es cuando se produce una mayor secreción y efecto de esta hormona. Si hay un déficit de melatonina provoca alteraciones del sueño, como es evidente.

Actualmente se sabe que los desajustes de los iones de calcio intracelular están relacionados con la alteración de los ritmos circadianos que controlan la secreción de melatonina.

En cuanto a la función antioxidante de ésta comprobado que protege ante:

- La peroxidación lipídica
- El daño oxidativo de los radicales
- Los productos tóxicos derivados del daño producido por los radicales.

Entre la multitud de procesos en los que está involucrada, se encuentran las siguientes más destacadas:

- Aumenta la producción de células “natural killers¹⁷”, encargadas de erradicar a las células que desarrollan un tumor.
- Potente antioxidante.
- Induce apoptosis de las células cancerígenas.
- Influye en una gran cantidad de células y tejidos del sistema inmunitario.
- La actividad que lleva a cabo en los linfocitos hace que la inflamación vuelva a niveles normales.
- Aumenta la quimiotaxis (capacidad de localizar cuerpos extraños, como desechos) y la función inmune en caso de inmunodepresión.

¹⁶**Serotonina:** Sustancia que está presente en las neuronas y realiza funciones de neurotransmisor.

¹⁷**Natural killer:** son un tipo de linfocitos pertenecientes al sistema inmunitario.

- Función cronobiótica.
- Aumentan las células que constituyen el sistema inmune del sistema nervioso (microglías), en el tejido cerebral.

También se conoce que aquellas personas que producen una mayor cantidad de melatonina tienen menos riesgo de padecer artritis reumatoide. De hecho, en esta enfermedad, los síntomas se agravan cuando las concentraciones de melatonina en sangre son menores, es decir, durante el día.

Por otra parte, una recopilación de diversos trabajos afirma la capacidad antioxidante de la melatonina y su papel protector ante la exposición de diversas sustancias tóxicas como el cadmio, en relación al estrés oxidativo y a la peroxidación lipídica producida por exposición a este metal. Puede además detener la acción de virus y las consecuencias que conllevan las infecciones, como por ejemplo la septicemia (cuando hay una cierta cantidad de bacterias en sangre), e inhibe la enorme cantidad de radicales libres que producen las infecciones.

La melatonina alcanza fluidos corporales como: saliva, fluido cerebrospinal, folicular ovárico, líquido amniótico, semen, líquido de la cámara anterior del ojo.

Además de sintetizarse en la glándula pineal, se produce en otros órganos como los siguientes:

- El ojo: la retina, la glándula de Harderian y la glándula lacrimal extraorbital
- Intestino
- Médula ósea
- Linfocitos

5.3 Magnetita

La glándula pineal puede generar su propio campo magnético, debido a que contiene magnetita.

La magnetita es un mineral muy conocido en geología, además de ser un óxido de hierro muy común en la naturaleza y con unas grandes propiedades magnéticas. Se

calcula que el cerebro humano tiene como mínimo cinco millones de cristales de magnetita por gramo de materia gris.

Se ha comprobado científicamente que este mineral absorbe muy bien la radiación. Y el que su máxima absorción sea de radiaciones entre 0,5 y 10 GHz es otro de los muchos temas que generan controversia respecto a sus efectos sobre la salud, ya que es el ancho de banda de frecuencia en la que entran la telefonía móvil, las redes WiFi (2,4-5GHz), muchos radares... y en general todas las radiaciones artificiales que nos rodean.

Muchos animales a parte del ser humano poseen cristales de magnetita en el cerebro, y les ayuda en su sentido de la orientación. Como por ejemplo con las palomas mensajeras, que gracias a estos cristales situados en su corteza cerebral y el campo magnético de la Tierra, logran orientarse; pero curiosamente, cuando sitúas dos imanes a ambos lados de sus cabezas, pierden el sentido de la orientación temporalmente, tanto tiempo como estén cerca de sus cabezas.

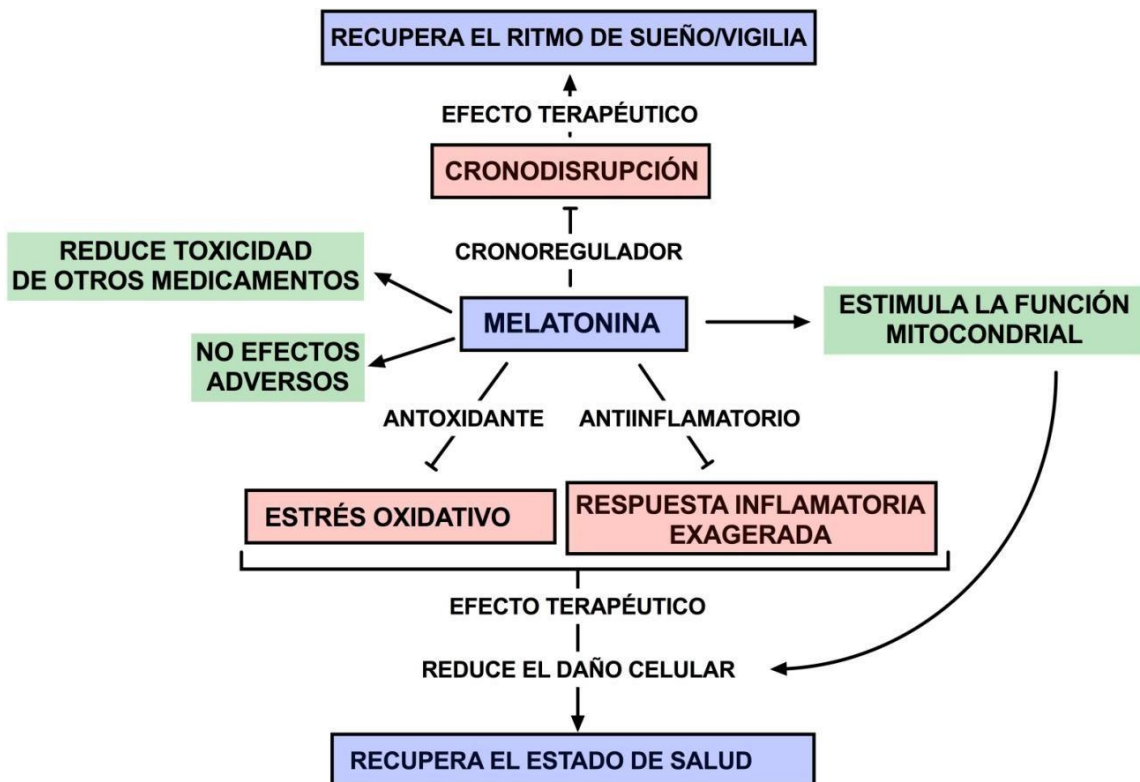


Fig.13 Fuente: <http://www.iimel.es>

5.4 Sistema inmunitario

Para protegernos de los radicales libres, el organismo pone en marcha un sistema antioxidante complejo, cuya actividad está regulada por el reloj biológico y sigue una ciclicidad diaria o un ritmo circadiano típico.

La actividad del sistema inmunitario es mayor hacia el final de la tarde, y cada vez que se activa, produce radicales libres de nitrógeno (RNS) como el óxido nítrico y produce también radicales de oxígeno (ROS) como el anión superóxido.

Entonces, si la actividad del sistema inmunitario hace que se forme más óxido nítrico y anión superóxido por la tarde/noche, para evitar que se forme peroxinitrito debe activarse el sistema antioxidante; y si éste se desajusta, se produce un estado de estrés oxidativo que conlleva un gran daño en el organismo.

Por ejemplo, si todo funciona correctamente:

- La concentración de nitritos (NOx) es la justa y necesaria, la producción de aniones superóxido es considerablemente más baja y la acción oxidante que puedan llegar a tener es contrarrestada con la defensa antioxidante, dando lugar a una peroxidación lipídica baja y a una baja cantidad de carbonilos.

Si no funciona con normalidad, es decir, bajo una situación de estrés oxidativo:

- La concentración de nitritos es elevada, también lo es la concentración de aniones superóxido, crean radicales libres que por no haber una defensa antioxidante fuerte, provocan un gran daño celular, como es el daño oxidativo/nitrosativo que da lugar un daño importante del organismo.

A esta desincronización entre la producción de radicales y la defensa del sistema antioxidante se le llama cronodisrupción.

6. Parte experimental

El objetivo de este experimento es observar cómo afectan las radiaciones equivalentes a las emitidas por un router y un teléfono móvil a la germinación de las semillas de soja.

En el desarrollo de la investigación me di cuenta de que cuanto más simple un ser vivo, más resistente se vuelve a las radiaciones. En el caso de los seres humanos, como somos considerablemente más complejos que una planta recién germinada, las radiaciones nos afectan mucho más. Lo ideal para este trabajo hubiese sido haberlo hecho con animales, pero ni disponía de los materiales necesarios, ni se consideraría ético ni legal. Podría haberlo hecho con células animales que fuesen irradiadas directamente y poder observar los cambios evidentes en el ADN, pero de nuevo, no disponía de los materiales necesarios. Así que ante las dificultades que presentaba hacer una parte experimental que se ciñese más a la verdadera temática del trabajo, decidimos optar por el mundo vegetal. Las semillas son económicas, fáciles de mantener y se encontraban a mi abasto, así que nos decantamos por ellas.

La planta de soja, en concreto, tiene un crecimiento rápido y una morfología sencilla que permite ver los cambios de las diferentes muestras a simple vista.

6.1 Hipótesis

Mi hipótesis es que al estar sometidas a radiaciones no ionizantes con una cierta frecuencia e intensidad de onda, las plantas sufren un estrés, que afecta al crecimiento de las mismas.

Las razones por las que una planta se marchite son muchas: insectos, patógenos, calor extremo, patógenos, escasez de riego o exceso de éste... siendo la razón más común el riego inadecuado.

Pero en este caso, la cantidad de agua suministrada a cada envase con las semillas va a ser la misma, variando únicamente la exposición a la radiación de las diferentes muestras.

El estrés de la planta es causado por desbalances químicos, afectando sus funciones normales y mostrando que está en problemas. Factores que pueden dar lugar a que las plantas se estresen también son varios; puede sufrir un estrés hídrico, por nutrientes, por el pH del sustrato o del agua, por los ciclos de luz, la temperatura, por plagas, e incluso pueden sufrir un estrés radicular. Pero estos aspectos también estarán controlados, sometiendo a todas las semillas a las mismas condiciones, variando simplemente las radiaciones que reciban.

Aquello que se analizará en este experimento será el crecimiento de las hojas de las semillas germinadas bajo las diferentes situaciones, como consecuencia del posible estrés que sufran aquellas bajo frecuencias e intensidades mayores. El marchitamiento tiene lugar mayoritariamente cuando la planta ya está desarrollada; en este caso, donde la semilla aún no ha germinado, lo que puede tener suceder es que la semilla no germine, que la planta tenga un crecimiento menor que el resto de las muestras, que se marchiten al crecer, o bien que tenga un desarrollo similar al resto de semillas sometidas a otras radiaciones.

6.2 Diseño experimental

Para realizar el experimento me trasladé al Centro Tecnológico de Telecomunicaciones de Cataluña (CTTC¹⁸), donde dispuse de todos los materiales necesarios para someter las semillas a frecuencias alrededor de 2,4 GHz y 900 MHz.

El experimento consistía en depositar veinte semillas de soja aleatorias en cada uno de los ocho recipientes que íbamos a utilizar, sobre algodón húmedo que cubría la base de cada uno de ellos. De esta manera nos asegurábamos de que las semillas recibían un suministro de humedad constante. Una vez colocadas las semillas las cubrimos más algodón húmedo y las colocamos de forma que dependiendo de la posición en la que se encontrasen recibiesen una cantidad de radiación u otra, tal y como muestra la siguiente imagen:

¹⁸ Se encuentra en el Campus de la UPC de Castelldefels.

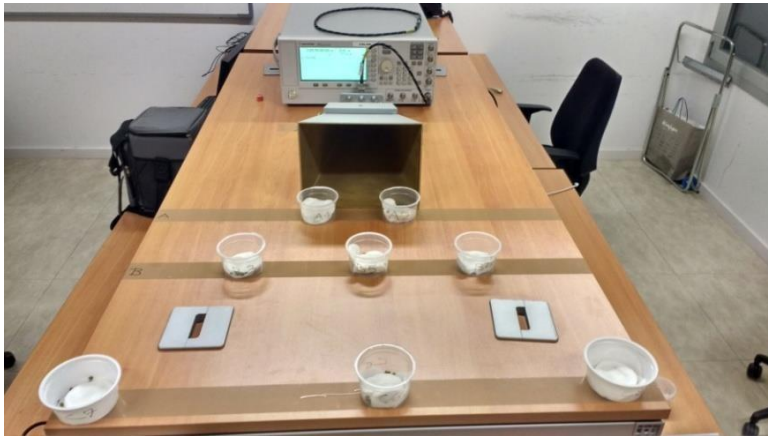


Fig.14

De esta manera las muestras que se encontraban más próximas a la antena o justo enfrente, como son las que se encuentran en los recipientes centrales, recibían más radiación que los que se encuentran en la periferia.

Se trataba de observar los cambios que se producían a causa de las radiaciones no ionizantes a través de la observación de su seguimiento.

6.3 Materiales y métodos

Los materiales utilizados son los siguientes:

- Generador de señal



Fig.15 Fuente: www.wikipedia.org

- Antena



Fig.16 Standard horn

De esta manera la señal era generada por el generador de señal, transmitida a la antena a través del cable y emitida por esta al exterior. Con otra antena pequeña conectada al analizador de espectro (Fig.18), comprobamos, efectivamente, que las muestras situadas más cerca de la antena, recibían una cantidad de radiación mayor.



Fig.17

- Analizador de espectro portátil, como se muestra en la imagen:



Fig.18 Generador E8257D

Gracias a este aparato podremos saber la frecuencia y la longitud de onda con la que llega la radiación a los recipientes.

Muestra la banda de transmisión de FM (frecuencia modulada) a través de una antena colocada en la parte superior del aparato.

El espectro representa una gráfica. En el eje horizontal se sitúa la frecuencia (en este caso en GHz), y en el eje vertical se mide la longitud de onda. La frecuencia que hemos escogido es la equivalente al WiFi, y a medida que se aleja de la antena que emite la radiación la amplitud de onda aumenta. Y para saber cuál es la mayor frecuencia que llega, hay una fina línea azul en el espectro que la marca (señal en la imagen).

Las medidas utilizadas son las siguientes:

- 2.42970 GHz
- +25 dBm (barriendo 40 MHz)

- Antena pequeña



Fig.19

Con esta antena conectada al analizador de espectro con un cable específico para microondas, podíamos ver la exacta frecuencia e intensidad que llegaba en cada muestra. Para hacerlo, una vez montado el experimento, colocamos la antena pequeña en el lugar donde se colocaría la muestra y observamos los valores que se mostraban en el analizador de espectro (Fig. 18)

Las siguientes imágenes muestran los datos obtenidos por el analizador de señal en cada punto donde se sitúan las muestras.

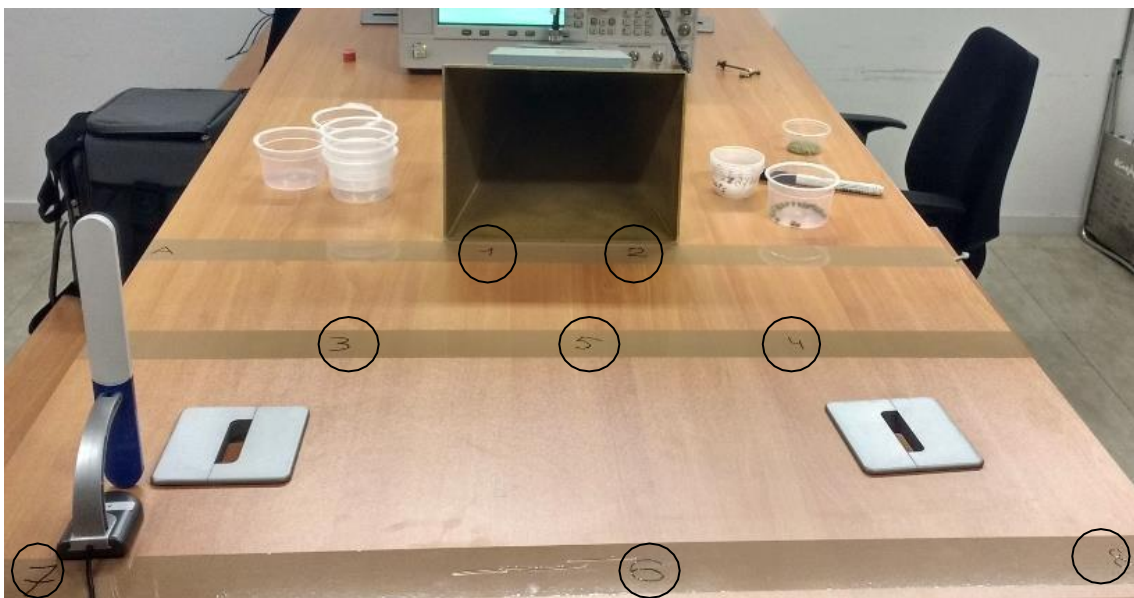
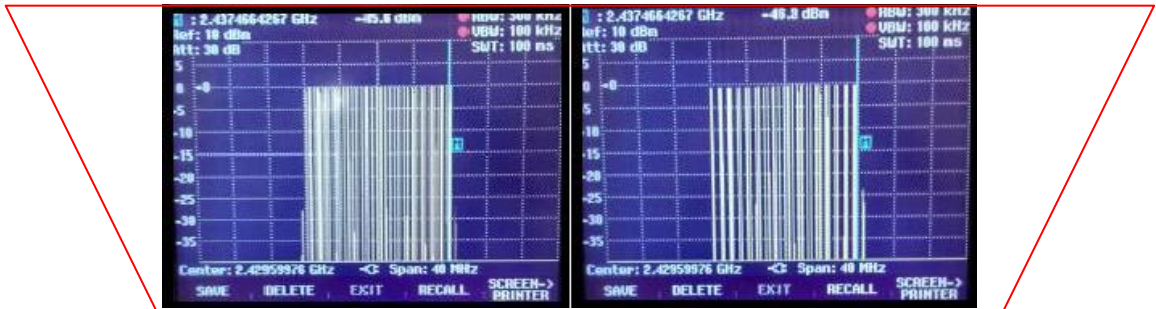


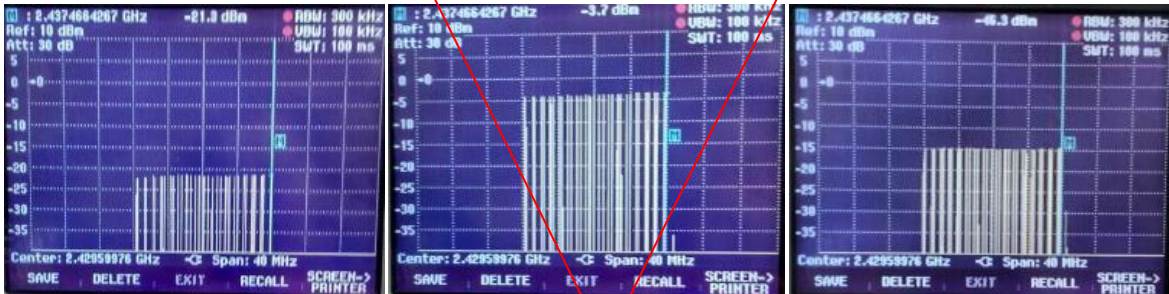
Fig.19



Muestras 1 y 2. Muestras situadas en la zona más próxima a la fuente de irradiación.



Muestras 3, 5, 4. Situadas en la segunda fila. La muestra 5 recibe la radiación con una amplitud de onda de alrededor de 34 dBm¹⁹, y las muestras 3 y 4, que no se encuentran delante de la antena, reciben la radiación con una amplitud de onda de unos 20 dBm.



Muestras 7, 6, 8. Por el mismo motivo que la muestra 5, el recipiente número 6 recibe la radiación con una amplitud de onda en dBm mayor que las muestras de ambos lados.

Fig.21

¹⁹ dBm: el decibelio es una unidad de medida que se utiliza en redes de radio, microondas y fibra óptica. Un decibelio equivale a un milivatio (mW).

Las gráficas muestran la amplitud de onda que llega a cada muestra, y la línea azul de cada imagen muestra el lugar donde la amplitud de onda es mayor. Cada línea de las gráficas representa una señal de radio de FM (proveniente del generador de señal), y el espectro elabora una gráfica. La unidad de referencia que utilizamos son 30 dBm, de manera que cualquier señal de las gráficas que llegue a la línea de referencia en el eje de la amplitud de onda (-0), va a tener 30 dBm de amplitud.

Se puede apreciar que aquellas gráficas que están dentro del triángulo marcado registran una longitud de onda mayor que el resto. Estas gráficas corresponden a los números 1,2,5,6, respectivamente.

· Semillas verdes de soja (*Glycine Max*); y envases de plástico, todos del mismo tamaño, donde introduje los algodones y las semillas.



Fig.22

6.4 Variables

La variable independiente es la radiación no ionizante que recibe cada muestra; es la que se modifica para atribuir los resultados finales al crecimiento de las hojas de las plantas, que es la variable dependiente. A partir de la observación del crecimiento de las hojas de la planta podremos observar si a parte del crecimiento sufren alguna otra variación, como puede ser el marchitamiento de las hojas o de la planta en general, o bien que las hojas sean más pequeñas que el resto.

Por otra parte las variables controladas son la temperatura, la humedad, el pH del agua, los ciclos de luz, la cantidad de semillas por recipiente, la separación entre ellas, y el tiempo que se mantendrán estables durante toda la investigación.

Las semillas estarán expuestas a las radiaciones de forma intensiva durante doce días.

Debido a que el centro al que fui a hacer las prácticas no disponía de un lugar totalmente aislado donde no pudiesen llegar las radiaciones que analizábamos, decidimos que el grupo control del experimento serían aquellas que estuviesen más alejadas de la antena, ya que la radiación que recibirían sería la equivalente a la que estarían sometidas en cualquier casa o centro con un router o dispositivos inalámbricos.

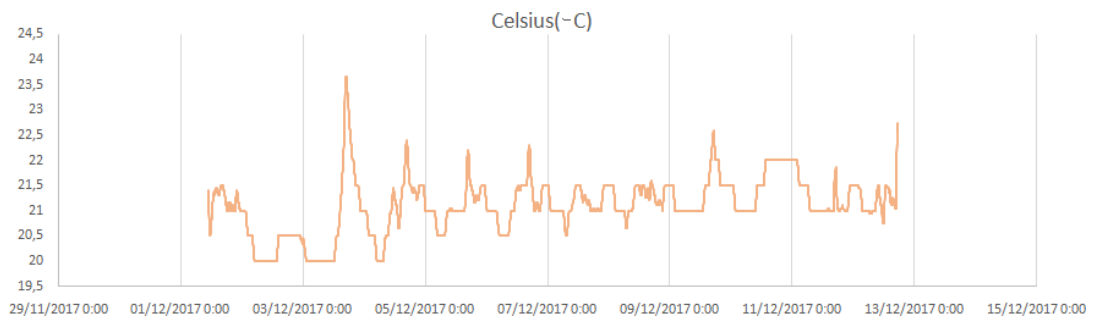


Fig.23



Fig.24



Fig.25



Fig.26

6.5 Resultados

Los resultados fueron totalmente contrarios a los esperados. De las semillas que estaban sometidas a una irradiación mayor (triángulo Fig. 20), en general han germinado más que en el resto de recipientes y han crecido más también; en cambio, en el resto de envases las semillas o no han germinado o bien lo poco que han crecido se han marchitado, como se puede ver en la siguiente imagen:



Fig.27



Muestras 1 y 2 tras 12 días de exposición.



Muestras 3, 5 y 4. La muestra número 5 creció más que el resto.



Muestras 7, 6 y 8. En el recipiente número 7 no germinaron las semillas; en el 6, germinaron la mayoría, pero al final de la prueba estaban marchitas; y en el recipiente número 8, hubieron algunas semillas que germinaron, pero también se marchitaron.

Fig.28

6.6 Conclusiones

Los resultados de este experimento no se puede decir que sean concluyentes, ya que al no tener un espacio que pudiese asegurar el mantenimiento de las variables controladas, han podido haber factores que hayan influido al resultado final que hemos obtenido. Para obtener resultados que sí fueran concluyentes sería necesario disponer de las instalaciones adecuadas, como ya hemos dicho, y hacer varias réplicas del mismo experimento, pero no ha sido posible realizarlo.

Las variables que han podido afectar son las siguientes:

- Dos recipientes situados a los extremos, que a diferencia del resto, eran opacos (C7,C8)

- Iluminación no uniforme.



Fig.29



Fig.30 Plantas a las que llegaba la radiación solar

7. Anexo

7.1 Inciso móviles

Los niveles de energía emitida por los teléfonos móviles son mucho menores a las ondas de radiofrecuencia (RF) que pueden llegar a calentar tejidos o dañar directamente el ADN. Estas ondas se encuentran entre las de radio FM y las microondas.

El teléfono funciona enviando señales a las torres de telefonía (o estaciones base) y recibiendo señales de las mismas, como bien se conoce. Pues bien, estas ondas provienen de la antena, situada dentro del aparato, y cuanto más te alejas de esta, más energía pierde. Cuando utilizamos el móvil, lo solemos tener bastante cerca del cuerpo, a menos de veinte centímetros, y cuando hablamos por teléfono, a menos de tener el manos libres, lo colocamos en un lateral de la cabeza. Siendo esto así, es de suponer que cuanto más cerca esté la antena del móvil de nuestro cuerpo, más energía absorberán los tejidos más cercanos. La exposición a esta RF depende de otros factores a parte de los ya mencionados en relación a la distribución de la energía interna de los CEM; tales como:

- El tiempo que utilizas el teléfono
- El usar o no el “manos libres”
- La distancia y la ruta de la torre de telefonía más cercana. Cuanto más lejana, de más potencia requerirá el teléfono para conseguir una señal adecuada.
- La cantidad de señales de telefonía que se encuentren en un mismo momento en un lugar determinado
- El modelo de teléfono que usas

Algunos de estos aspectos que hay que tener en cuenta son bastante obvios sabiendo lo anteriormente dicho. Muchas veces se ha aconsejado por los medios de comunicación la prevención del uso descontrolado de tanto de los teléfonos móviles como de otros aparatos inalámbricos.

Los teléfonos móviles están hechos de tal forma que utilizan el mínimo de potencia necesaria para recibir una buena señal. Si hay alguna dificultad para recibir la señal, requerirá de más energía para conseguirla, como es en el caso de encontrarte en un lugar de difícil acceso hasta una estación base, o uno con una sobresaturación de

señales. Todo esto, en mayor o menos medida, se intenta determinar si puede tener algún efecto biológico o fisiológico en el ser humano.

Se han hecho multitud de estudios, tanto in vivo como in vitro. En los experimentos in vivo se han utilizado especialmente ratones, y en los in vitro, los resultados, y aunque muchos de ellos concluyentes, no es sencillo aplicarlos directamente al organismo humano, ya que ni el cuerpo de un ratón es el mismo que el de un ser humano, ni células en una placa de Petri son tan complejas como un sistema biológico.

Pero también se han hecho experimentos sobre humanos. No son tan completos como los que se les hacen a los ratones, y los resultados son poco concluyentes, por lo que se necesitan hacer más estudios sobre este asunto.

Aún así, se han detectado cambios fisiológicos en zonas como en la cabeza, donde en el lugar donde se acercaba el teléfono móvil, se observaba una acumulación mayor de glucosa por esa zona. Para el cerebro la glucosa es la fuente de energía que permite su buen funcionamiento, y a nivel de laboratorio aún no se ha determinado si puede tener algún efecto fisiológico a largo término.

Algunos estudios también se han centrado en los posibles vínculos con otros tipos de cáncer, como el de piel o el testicular, aunque como se suelen situar al lado de la cabeza, la mayor preocupación es si pueden causar o contribuir al desarrollo de tumores cerebrales.

Un estudio publicado por la revista *Journal of the American Medical Association* en febrero de 2011, demostrando que al hacer una llamada de teléfono estamos poniendo la antena que genera la frecuencia de radio al lado de la cabeza, y este posicionamiento podría alterar la actividad cerebral.

8. Webgrafía

· ADEY WR. *Biological effects of electromagnetic fields J.Cell.* 1993. [Consulta el 14 de Agosto de 2017]

· D.J.PANAGOPOULOS. *Mechanism for action of electromagnetic fields on cells.*[Consulta el 02 de Diciembre de 2017]

· *El peligro para la salud de los campos electromagnéticos está científicamente demostrado.* Diciembre 2006. [Consulta el 14 de Agosto de 2017] Disponible en: <https://www.dsalud.com>

· *“Exposure at UMTS electromagnetic fields: study on potential adverse effects on hearing”.* Project funded by the European Commission. Framework of the Programme of Community Action in the Field of Public Health of the EC, DG Health and Consumer Protection. Disponible en: <http://www.emfnear.polimi.it/>

· FRANCISCO JAVIER BERMÚDEZ. *A ritmo de calcio.* [Consulta el 14 de Agosto de 2017]

Health Effects and EMF – Research Recommendations “*Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF*”(2009), Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), 6 de Julio 2017. http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_02_4.Pdf

· HERNÁNDEZ SAMPEIRI R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. Y BAPTISTA LUCIO, P. (2010). *Metodología de la investigación.* México: McGraw Hill/ Interamericana editores, S.A. de C.V.

· HERNÁNDEZ EJ, BARCELÓ PC. *Análisis del campo electromagnético en Ciudad de La Habana.* *RevCubana HigEpidemiol.* 1996;34(2):130-9. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol34_2_96/hie09296.htm

· INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES. *“Efectos no térmicos de los campos RF sobre la salud”* (en línea). 2003. [Consulta el 19 de Julio de 2017]. Disponible en: <http://www.asenmac.com/marco/htm>

Informe sobre radiofrecuencias y salud (2009-2010). Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (CCARS). Disponible en: <http://www.ccars.es/sites/default/files.pdf>
<http://ec.europa.eu/eahc/projects/database.html?prjno=2004127>

· JEREMY JHONSON. *A new paradigm.*

· KOANA T., M. IKEHATA AND M. NAKAGAWA 1995. *Estimation of genetic effects of a static magnetic field by a somatic cell test using mutagen-sensitive mutants of Drosophila melanogaster.*

· MAGDA HAVAS. "Provocation Study using Heart Rate Variability shows Radiation from 2.4 GHz Cordless Phone affects Autonomic Nervous System." [Consulta el 17 de Septiembre de 2014]

· MARTIN PALL. "Electromagnetic fields act vis activation of voltage – gated calcium channels produce beneficial or adverse effect. Fuente: *Journal of cellular and molecular medicine*". [Consulta el 20 de Junio de 2017]

· MARTIN PALL. "Electromagnetic fields Act by Activating Voltage-gated Calcium Channels. Why the current international safety standards do not Predict Biological Hazard". [Consulta el 20 de Junio de 2017]

· MENDIOLA-JIMÉNEZ A. 2000. *Efecto de campos electromagnéticos oscilantes de 60 Hz. Sobre parámetros hematológicos de ratón Mus musculuslinea BALB/c in vivo.* Tesis inédita, Facultad de Ciencias Biológicas , Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

· NATIONAL RADIATION PROTECTION BOARD. "ELF electromagnetic fields and risk of cancer report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation". NRPB. [Consulta el 19 de Julio de 2017]2001;12(1):1. Disponible en: <http://www.gencat.cat>

· Organización Mundial de la Salud. Campos Electro magnéticos. Disponible en: <http://www.who.int>

· ROOSLI M, MOSER M, BALDINI Y, MEIR M, BRAUN-FEHLANDE C. "Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure". A questionnarysurvey. *Int J*

HygEnvironHealth. [Consulta el 19 de Julio de 2017] 2004;207(2):141-50. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>

- TRIPATHY H, PATHAK PP 2012 *Thermal effect due to induced field of broadcasting radiation*. Int J EnvironSci 1:50-55. [Consulta el 14 de Agosto de 2017]
- Universidad Complutense de Madrid. *Efectos biológicos de campos electromagnéticos de 50Hz y 2.45 GHz y su posible sinergismo con la sobrecarga orgánica de hierro y plomo*. Madrid, 2002. ISBN: 84-669-1711-X
- UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. *Efectos biológicos de muy baja frecuencia y radiofrecuencia en presencia de metales pesados: cadmio y mercurio*
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Health effects of static and time and varying electric and magnetic fields". International Advisory Committee Minutes of Meeting International EMF. Project Geneva: World Health Organization; 1999[Consulta el 24 de Julio de 2017]. Disponible en: www.niehs.nih.gov
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Health effects of static and time and varying electric and magnetic fields". International Advisory Committee Minutes of Meeting International EMF. Project Geneva: World Health Organization; 1999[Consulta el 24 de Julio de 2017]. Disponible en: www.niehs.nih.gov
- W.R. ADEY. *Cómo actúan a nivel biológico las radiaciones emitidas por los teléfonos móviles a nivel biológico y otros dispositivos inalámbricos: la activación de los canales de calcio* (en línea)[Consulta el 17 de Septiembre de 2017] Disponible en: <https://noticiasdeabajo.wordpress.com>
- ZATZ M, HEATH JR 3rd. 1995 Calcium and photoentrainment in chick pineal cells revisited: effects of caffeine, thapsigargin, EGTA, and light on the melatonin rhythm. J Neurochem 65:1332-1341
- Zatz M, Mullen DA. 1988 Does calcium influx regulate melatonin production through the circadian pacemaker in chick pineal cells? Effects of nifedipine, Bay K 8644, Co²⁺, Mn²⁺, and low external Ca²⁺. Brain Res 463:305-316.

9. Bibliografía

ALBERTO T. PÉREZ IZQUIERDO. *Nuestra vida en el campo electromagnético*. Año de edición: 2009. Editorial: ALMUZARA ISBN: 9788492573912

GERARD DIEUZAIDE. *Enfermedades de las ondas electromagnéticas*. Año de edición: 2016. Editorial: OBELISCO ISBN: 9788491110620

RAÚL DE LA ROSA. *La enfermedad silenciada*. Año de edición: 2014. Editorial: EDICIONES I ISBN 9788494181184

