



Monográfico

Investigación

Balmori A. 2006. Efectos de las radiaciones electromagnéticas de la telefonía móvil sobre los insectos. *Ecosistemas*. 2006/1 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=396&Id_Categoria=2&tipo=portada)

Efectos de las radiaciones electromagnéticas de la telefonía móvil sobre los insectos

A. Balmori

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. C/ Rigoberto Cortejoso, 14. 47014 Valladolid, España.

Se presenta una revisión de estudios de laboratorio realizados exponiendo insectos a radiaciones electromagnéticas en el rango de las microondas, similares a las utilizadas por los sistemas de telefonía que se utilizan actualmente, y a campos electromagnéticos de baja frecuencia. Las microondas pulsadas y moduladas de la telefonía son un reciente contaminante ubicuo, cuyas consecuencias todavía no han podido ser evaluadas convenientemente. Los estudios realizados indican efectos sobre este grupo de fauna, con previsibles consecuencias sobre los ecosistemas. Se recomienda la realización de seguimientos y estudios en las proximidades de las estaciones base de telefonía, donde existen los niveles más elevados de contaminación electromagnética y se exponen algunas características técnicas que pueden ayudar a identificar las áreas más afectadas por la radiación.

Introducción

Los insectos son importantes componentes de los ecosistemas, no solamente por su ubicuidad y por el gran número de especies existentes, sino también por constituir un eslabón básico en las cadenas alimenticias, al ser presa de buena parte de los vertebrados, que los utilizan de forma exclusiva o temporal para cubrir sus necesidades proteicas. Cualquier factor que afecte a su abundancia puede tener consecuencias en la comunidad de vertebrados y en el conjunto del ecosistema. Además, teniendo en cuenta que los procesos celulares básicos son similares en mamíferos e insectos, y que los insectos son generalmente más resistentes que los primeros (al menos frente a las radiaciones ionizantes), los efectos observados en este grupo pueden ser indicativos de la respuesta de otros grupos de organismos.

Los campos electromagnéticos, y especialmente las radiaciones electromagnéticas en el rango de las radiofrecuencias y microondas, han sido relacionados con diferentes efectos biológicos. Se ha documentado que provocan efectos en las biomoléculas (Daniells *et al.*, 1998; Weisbrot *et al.*, 2003; Barteri *et al.*, 2005), en la proliferación celular (Velizarov *et al.*, 1999), interferencias con procesos inmunitarios (Novoselova y Fesenko, 1998), efectos en la capacidad reproductiva (Dasdag *et al.*, 1999; Davoudi *et al.*, 2002), efectos genotóxicos (Garaj-Vrhovac *et al.*, 1991; Lai y Singh, 1995; Balode, 1996; Reflex, 2004), efectos sobre el sistema nervioso (Kolodynski y Kolodynska, 1996; Beasond y Semm, 2002; Kramarenko, 2003; Marino *et al.*, 2003; Salford *et al.*, 2003), sobre el sistema circulatorio (Szmigielski *et al.*, 1998) y un descenso en el número de nacimientos (Magras y Xenos, 1997; Balmori, 2005). Teniendo en cuenta que las radiaciones electromagnéticas en el rango de las radiofrecuencias han aumentado de forma exponencial en los ecosistemas con el despliegue de la telefonía móvil, las microondas pueden estar afectando a los seres vivos que viven en las proximidades de las antenas, ya sean vertebrados (Balmori, 2003; 2004a y 2005), insectos (Levengood, 1969; Carpenter y Livstone, 1971; Ramírez *et al.*, 1983; Weisbrot *et al.*, 2003; Pan y Liu, 2004; Panagopoulos *et al.*, 2004), o vegetales (Selga y Selga, 1996; Balodis *et al.*, 1996; Balmori, 2004b).

En este trabajo se revisan algunas investigaciones realizadas en laboratorio, en las que se estudiaron los efectos de los campos electromagnéticos y de las radiaciones de microondas sobre los insectos. También se recopila la información disponible sobre observaciones de insectos expuestos a estas radiaciones en la naturaleza.

Investigaciones realizadas con la mosca del vinagre

Panagopoulos *et al.* (2004) expusieron moscas de la fruta (*Drosophila melanogaster*) a la radiación de un teléfono móvil (900 MHz) durante los primeros 2-5 días de vida adulta. La capacidad reproductiva de la especie decreció un 50-60% en condiciones de radiación modulada (emisión que se produce mientras se habla por el teléfono) y un 15-20% con radiación no modulada (emisión con el teléfono en silencio). El descenso de la capacidad reproductiva se produjo en ambos sexos, aunque afectó algo más a las hembras que a los machos. Los resultados de este trabajo indican que esta radiación afecta al desarrollo gonadal de los insectos de una forma atérmica (sin aumento de temperatura). Los mismos autores estudiaron los efectos de varios tipos de Campos Electromagnéticos (CEM) en la descendencia de la mosca del vinagre, obteniendo: a) un decrecimiento estadísticamente significativo, del orden del 6%, de la capacidad reproductiva tras la exposición a campos electromagnéticos alternos; b) un incremento de la capacidad reproductiva del orden del 40% tras la exposición a CEM pulsados y c) un dramático decrecimiento de la capacidad reproductiva, del 60%, tras la exposición a radiaciones de telefonía GSM. Los autores concluyeron que las radiofrecuencias, específicamente de GSM, son altamente bioactivas y provocan significativas alteraciones en las funciones fisiológicas de los organismos vivos, por lo que recomiendan una prudente evitación (Panagopoulos *et al.*, 2002). Basan sus resultados en la alteración de la concentración citoplasmática del calcio y en una aceleración o retardo de los procesos celulares, y señalan que la oogénesis y la espermatogénesis son etapas muy activas y sensibles a los diferentes factores externos. Los efectos observados no pudieron ser atribuidos a un incremento de la temperatura (Panagopoulos *et al.*, 2002).

En otro estudio en el que se expusieron moscas del vinagre a la radiación de un teléfono móvil, se obtuvo una elevación de los niveles de las proteínas del estrés (hsp70), que se sintetizan generalmente cuando las células están expuestas a condiciones ambientales adversas ('shock no térmico'). También se produjo un incremento de la fosforilación de la transcripción nuclear. Sorprendentemente, la radiación del teléfono móvil indujo un incremento de la prole, comparado con el grupo no expuesto (Weisbrot *et al.*, 2003).

Los experimentos que estudian los efectos de las radiaciones electromagnéticas en los seres vivos son complejos, ya que existe un elevado número de variables que se deben controlar, y esto podría explicar los resultados contradictorios. Las radiaciones de microondas parecen provocar efectos diferentes, e incluso contrarios, dependiendo de los diseños experimentales como la frecuencia, potencia, modulación, pulsos, tiempo de exposición etc. (Tanner y Romero-Sierra, 1982; Grigoriev, 1996; Daniells *et al.*, 1998; Nikolaevich *et al.*, 2001). Las ondas pulsadas (en ráfagas), así como determinadas modulaciones de baja frecuencia, han mostrado ser las más activas desde el punto de vista biológico (Grigoriev, 1996; Hyland, 2001; Nikolaevich *et al.*, 2001). Por otra parte las relaciones dosis-respuesta (de los efectos no térmicos), no son sencillas de establecer ya que presentan una relación no lineal (Monteagudo, 1997; Hyland, 2001; Marino *et al.*, 2003) y los efectos pueden depender de la duración de la exposición (Adey, 1996). Los efectos pueden ser protectores al principio, pero perjudiciales tras una exposición crónica (Dicarlo *et al.*, 1999).

En otra investigación realizada con campos electromagnéticos de baja frecuencia, huevos y larvas de la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*) fueron expuestos a un campo alterno de 11 militeslas con una frecuencia de 50 Hz durante un tiempo variable y se observaron los cambios en el desarrollo tras la exposición. Los resultados mostraron un significativo incremento del número de moscas adultas con anomalías, cuando la exposición se realizó sobre las larvas, pero no cuando se hizo sobre los huevos. El análisis estadístico mostró que tras la exposición al campo electromagnético la frecuencia de moscas anormales depende de dos factores: la duración de la exposición y el estado de desarrollo (Mirabolghasemi y Azarnia, 2002). No hubo diferencia en la ratio de mortalidad y en la distribución de sexos de las moscas con anomalías, entre las moscas expuestas y el grupo control. Aunque las anomalías observadas pueden aparecer espontáneamente en la naturaleza, con el campo electromagnético su frecuencia de aparición aumentó. Los autores proponen que los efectos son presumiblemente causados por fallos en la reparación del DNA. Es posible que los campos electromagnéticos afecten a reacciones enzimáticas implicadas en las funciones de reparación y, como resultado, provoquen deformidades (Mirabolghasemi y Azarnia, 2002). Otros autores también han señalado que las radiaciones electromagnéticas impiden que la reparación del ADN se realice correctamente (Heredia-Rojas *et al.*, 2003; Hallberg y Johansson, 2004).

Stamenkovic-Radak *et al.* (2001) expusieron moscas del vinagre a un campo magnético permanente de 35 militeslas, y observaron un cambio del tamaño de las alas de las moscas. Los autores concluyen que los campos magnéticos son factores generadores de estrés y que los cambios dependen del número de generaciones expuestas. La importancia de los efectos acumulativos a largo plazo ha sido señalada también por otros autores (Tofani *et al.*, 1986; Adey, 1996).

Ramirez *et al.* (1983) comprobaron que la ovoposición descendió en moscas expuestas a campos electromagnéticos pulsados (100Hz; 1,76 mT) y sinusoidales (50 Hz; 1 mT). Los huevos expuestos durante 48 horas mostraron: 1) Una mayor mortalidad de los huevos. 2) La mortalidad de las larvas y de las pupas se incrementó tras su exposición a un campo magnético permanente. 3) Una variación del índice de supervivencia de los adultos, dependiendo de la exposición a campos magnéticos pulsados, sinusoidales o estáticos. De las observaciones realizadas concluyeron también que la mosca del vinagre posee sensibilidad a los campos electromagnéticos y evita activamente la exposición a los campos pulsados. Las hembras de *Drosophila* mostraron preferencia por una determinada localización, condicionada por las características



específicas del campo. Este comportamiento de evitación de las radiaciones electromagnéticas pulsadas se ha comprobado también en ratas (Frey y Feld, 1975; Firstenberg, 1997), gorriones (Balmori, 2003 y 2004a) y abejas (Firstenberg, 1997).

Ma y Chu (1993) tras exponer embriones de *Drosophila*, en sus estados iniciales de desarrollo a un campo de baja frecuencia, con un rango de intensidad de campo magnético entre 50-400 mG de corriente continua o alterna, durante 1 y 6 horas, observaron una tendencia general de efecto letal en el embrión. Los autores concluyen que los campos electromagnéticos parecen afectar al desarrollo y supervivencia de los embriones de la mosca de la fruta.

Experimentos realizados con otros dípteros

Pan y Liu (2004) expusieron huevos del mosquito *Anopheles gambiae* a campos magnéticos elevados (9-14 T), en periodos sensibles del desarrollo fetal. La media del tiempo de eclosión sufrió un retraso que incrementó de forma no lineal con el aumento del campo magnético al que se sometieron los huevos.

Koschnitzke *et al.* (1983) tras exponer cromosomas gigantes de *Acricotopus lucidus* (quironómido, díptero) a una radiación de microondas de varias frecuencias con una densidad de potencia menor a 6 mW/cm² observaron alteraciones de la estructura cromosómica. Estos autores proponen que la coherencia de la radiación (vibración eléctrica coherente en sistemas biológicos) es esencial para que se produzcan los efectos observados y descartan que los efectos puedan ser térmicos.

Estudios y observaciones realizadas en abejas

Ferdinand Ruzicka es un investigador de la Universidad de Doz (Austria) y apicultor aficionado, que explica cómo los problemas de sus abejas comenzaron tras la instalación de varias antenas de telefonía en las cercanías de sus colmenas (a 50 metros de una estación base y a 150 metros de otras tres más). Él observó síntomas de estrés y el colapso de las colonias de abejas cuando las antenas empezaron a emitir. Lo mismo fue observado por otros apicultores (F. Ruzicka, *com. pers.*). Al principio se produjo un gran desorden y un elevado instinto de enjambre. En verano tuvo lugar un inusual descenso en la población de abejas, mientras que en invierno salieron a volar a pesar del frío y la nieve (y a pesar de que el polen recolectado en otoño fue más que suficiente para pasar el invierno), con la consiguiente pérdida de ejemplares (www.mikrowellensmog.info/bienen.html). El Doctor Ruzicka, buen conocedor de las enfermedades de las abejas, no encuentra explicación a este comportamiento ni por enfermedades ni por envenenamiento, y culpa del mismo a la radiación de las antenas. Por esta razón realizó una encuesta entre los apicultores austriacos. De 25 apicultores que tenían antenas de telefonía cerca de sus colmenas el 37,5% observaron una alta agresividad, el 25% una gran tendencia a crear enjambres, y el 62,5% la desaparición de colonias (Ruzicka, 2003).

Firstenberg (1997) también cita la desaparición de abejas en la proximidad de antenas de telefonía. En un área de Nueva Zelanda las abejas desaparecieron tras instalarse varias antenas de radio observándose después únicamente algunos enjambres 'enfurecidos'. Un apicultor que recibía directamente el haz de la radiación en sus colmenas observó que las abejas morían en su entrada sin razón aparente (P. Hargreaves *com. pers.*). <http://canterbury.cyberplace.org.nz/ouruhia/>. Otros autores han demostrado la agitación e inquietud y el comportamiento agresivo que muestran las abejas expuestas a los campos electromagnéticos de líneas de alta tensión (Ramirez *et al.*, 1983).

Varios medios de comunicación han publicado noticias relacionadas con la crisis del sector apícola, producida, entre otras razones, por las mortandades de abejas y despoblamiento de las colmenas de origen desconocido que ha padecido recientemente dicho sector. Teniendo en cuenta los efectos conocidos de las microondas sobre los insectos y en particular sobre las abejas, y habida cuenta de la proliferación de estaciones base en el campo, es necesario investigar si las radiaciones de telefonía están incidiendo de alguna manera en estas mortandades. Los resultados deben ser considerados por los apicultores españoles con el fin de prevenir posibles pérdidas económicas.

Por el contrario, en dos estudios financiados por la NASA, los autores no encontraron diferencias en la mortalidad ni en el consumo de azúcares (Westerdahl y Gary, 1981a), ni variaciones en la orientación del vuelo o la memoria (Westerdahl y Gary, 1981b) en abejas que fueron irradiadas con microondas.

Kirschvink *et al.* (1997) estudiaron los umbrales de percepción de las abejas respecto a los campos magnéticos de baja frecuencia. Los resultados indican una gran sensibilidad, que decreció rápidamente al aumentar la frecuencia (percibieron mejor las frecuencias bajas, de 10 Hz). Las abejas utilizan los cristales de magnetita como magnetoreceptor. Jungreis (1987) investigó la habilidad de los insectos para viajar estacionalmente a largas distancias, lo que requiere la utilización de algunos mecanismos hereditarios para encontrar la dirección adecuada. Se encontraron partículas de magnetita biológicamente sintetizadas tanto en especies migradoras, que la utilizan como una brújula en el campo magnético terrestre, como en las especies no migrantes para las que tienen una función todavía desconocida.



Investigaciones realizadas con escarabajos

Pupas del escarabajo *Tenebrio molitor* fueron irradiadas con microondas de 4-5,95 GHz de frecuencia y una energía de 37,8-152,6 J/g durante un tiempo variable, entre 5 minutos y 6 horas. Para el autor, las anomalías teratogénicas observadas (anormalidades y agujeros en los élitros) no fueron provocadas por el aumento de calor. La fuerza del campo electromagnético requerida para producir teratogénesis fue más alta con bajas frecuencias de microondas. Los resultados sugieren que los fotones de las microondas produjeron efectos acumulativos (Olsen, 1977).

Carpenter y Livstone (1971) irradiaron pupas del coleóptero *Tenebrio molitor* con microondas de 10 GHz de frecuencia a 80 mW durante 20-30 minutos y a 20 mW durante 120 minutos y obtuvieron una elevación de la proporción de insectos con anormalidades o muertos. Además los insectos irradiados tuvieron menor longevidad. Los autores concluyeron que las anormalidades inducidas por la radiación de microondas son no térmicas, proponiendo que el exitoso desarrollo y metamorfosis depende de delicados equilibrios e interacciones, que implican a muchas enzimas y hormonas, que podrían ser el blanco donde inciden las microondas.

En otro estudio se expuso el cerambícido *Morimus funereus* a un campo electromagnético con una frecuencia de 50 Hz y 2 mT de intensidad de campo magnético, observando cambios en los patrones de actividad en ambos sexos. Tras la exposición, la actividad se incrementó en los grupos con media y baja actividad motora, pero se redujo para los ejemplares muy activos. Sin embargo se observó una variabilidad muy alta entre individuos (Prolic *et al.*, 2003).

Las radiaciones de telefonía en la naturaleza

Desde la segunda mitad de los años 90 del pasado siglo se ha realizado el despliegue de la red de estaciones base de telefonía, que ha incrementado en varios órdenes de magnitud la contaminación electromagnética por microondas, especialmente en las ciudades, pero también en el campo, cerca de los núcleos rurales y las infraestructuras viarias. La intensidad de campo eléctrico en un punto concreto en las proximidades de una antena varía continuamente entre ciertos niveles, dependiendo del número de comunicaciones que soporta la estación base (número de móviles conectados en cada momento) (**Fig. 1** y **Fig. 3**). Existen continuamente cambios de la intensidad y la frecuencia en las señales GSM que les hace más bioactivas que los campos con parámetros constantes, posiblemente porque es muy difícil para los organismos vivos adaptarse a ellas, lo que puede hacer la vida en sus proximidades complicada (Panagopoulos *et al.*, 2004).



Figura 1. Primer plano de una estación base de telefonía móvil (Fuente: César Balmori).

Un creciente volumen de testimonios de personas y de observaciones anecdóticas indican que las moscas y las arañas, entre otros insectos, desaparecen de las áreas de influencia de las antenas de telefonía, donde se reciben los niveles más altos de radiación (A. Soria, *com. pers.* y observaciones propias). Desconocemos si se produce un abandono del área o bien la muerte de las especies que viven en la zona, pero la tendencia a la evitación de las microondas pulsadas por parte de los animales se conoce desde antiguo (Frey y Feld, 1975). Tampoco sabemos si el motivo es por el deterioro de la calidad del hábitat utilizable o por la falta de recursos alimenticios (Balmori, 2003, 2004a, 2004b).

Algunas cuestiones técnicas. Intensidad de campo eléctrico y área de exposición

Las variables utilizadas para medir estas radiaciones son la Densidad de Potencia (medida en vatios por metro cuadrado: W/m^2 , o en $\mu W/cm^2$), que expresa la potencia radiante que incide perpendicularmente a una superficie, dividida por el área de la superficie. La Intensidad de Campo Eléctrico en un punto (medido en voltios por metro: V/m), que es una cantidad vectorial proporcional a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada, dependiente de su posición en el espacio.

Para una dirección concreta con respecto a la antena, la densidad de potencia en un punto varía de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente emisora. El área con mayor Intensidad de Campo Eléctrico está condicionada por la altura y el grado de inclinación de la antena (**Fig. 2** y **Fig. 3**).

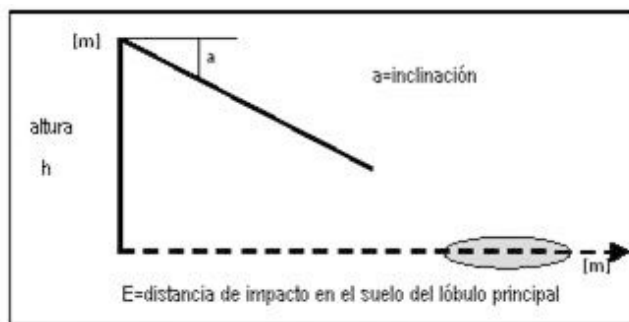


Figura 2. La distancia (E) de la superficie principal de incidencia del lóbulo en el suelo se obtiene por la fórmula: $E = \tan(90-a) \times h$, siendo a el ángulo de inclinación de la emisión de la antena respecto a la horizontal y h la altura a la que está instalada. (Adaptado de Eger et al., 2004).

A una distancia de 50 metros la densidad de potencia es típicamente de unos $10 \mu W/cm^2$ (Santini et al., 2000), mientras a distancias de 100 metros a nivel del suelo se puede medir todavía por encima de $1 \mu W/cm^2$ (Datos propios). Entre 150 y 200 metros, la densidad de potencia del lóbulo principal cerca del suelo es típicamente de unas décimas de $\mu W/cm^2$ (Hyland, 2000). Por encima de $0,0006 \mu W/cm^2$ (menos de $0,1 V/m$) se han encontrado efectos perjudiciales en personas expuestas de forma continua (Oberfeld et al., 2004).

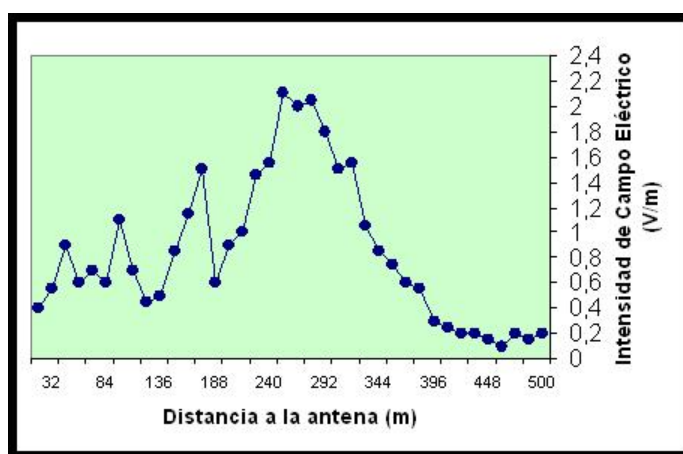


Figura 3. Variación de la Intensidad de Campo Eléctrico a nivel del suelo al alejarnos de una estación base de telefonía situada en el tejado de un edificio, aproximadamente a 24 metros sobre el suelo. Normalmente la incidencia mayor de la radiación se produce a distancias entre 50 y 300 metros de las antenas. Obsérvese que las variaciones de los niveles se acentúan en las proximidades de la antena (Datos del autor).



Por otra parte el lóbulo principal de radiación de la antena se abre cada vez más al alejarnos de ella (**Tabla 1**).

Tabla 1: Dimensiones del lóbulo o haz principal de emisión de una antena de telefonía a varias distancias. Los datos reflejados corresponderían a una antena típica con un ángulo de emisión de 65 ° en la horizontal y 9 ° en la vertical (Datos del autor).

DIMENSIONES DEL LÓBULO PRINCIPAL (en metros)		
DISTANCIA A LA ANTENA	ALTURA	ANCHURA
50	7,8	56,7
100	15,7	113,4
150	23,5	170,1
200	31,4	226,8
250	39,2	283,6
300	47,1	340,3
350	54,9	397
400	62,8	453,7
450	70,6	510,4
500	78,5	567,2

Conclusiones finales

Generalmente los niveles de radiación de los estudios de laboratorio son más elevados que los que se pueden encontrar en la naturaleza, pero en la mayoría de ellos se hace referencia a que los resultados obtenidos responden a efectos independientes de la temperatura (efectos no térmicos). La normativa vigente hace alusión exclusivamente a los niveles máximos de exposición que eviten efectos térmicos, pero no al tiempo de exposición, cuando conocemos que no sólo la intensidad de campo eléctrico sino también la dosificación es importante, teniendo en cuenta los efectos acumulativos comentados. Es previsible que en las áreas donde la densidad de potencia o la intensidad del campo eléctrico es más elevada, en el interior del lóbulo principal y en las cercanías de la antenas, los seres vivos serán más afectados por la radiación.

De la revisión realizada concluimos la necesidad de reconsiderar y reducir los niveles de exposición de los seres vivos y de realizar estudios que valoren los efectos a largo plazo de la radiación de microondas pulsadas que existen en la actualidad en nuestro entorno, y recomendamos una prudente evitación (Hyland, 2000; Panagopoulos *et al*, 2004).

NOTA: Mili Tesla: unidad de intensidad de campo magnético. Corresponde a $0,001 \text{ N A}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ó $0,001 \text{ Weber.m}^{-2}$. [Volver](#)

Agradecimientos

El Centro de Información y Documentación Ambiental me facilitó algunos artículos. AVAATE prestó en todo momento su apoyo.

Referencias

Adey, W.R. 1996. Bioeffects of mobile communications fields: possible mechanisms for cumulative dose. En Kuster, Balzano & Lin (Eds): *Mobile communication safety*, pp. 95-131. Chapman and Hall. London.

Balmori, A. 2003. Aves y telefonía móvil. Resultados preliminares de los efectos de las ondas electromagnéticas sobre la fauna urbana. *El Ecologista*, 36: 40-42.

Balmori, 2004a. Posibles efectos de las ondas electromagnéticas utilizadas en la telefonía inalámbrica sobre los seres vivos. *Ardeola*, 51: 477-490.

- Balmori, A. 2004b. ¿Pueden afectar las microondas pulsadas emitidas por las antenas de telefonía a los árboles y otros vegetales?. *Ecosistemas*: 2004/3: 1-10.
- Balmori, A. 2005. Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of white stork (*Ciconia ciconia*). *Electromagnetic Biology and Medicine* 24: 109-119.
- Balode, S. 1996. Assessment of radio-frequency electromagnetic radiation by the micronucleus test in bovine peripheral erythrocytes. *Sci. Total Environm.* 180: 81-85.
- Balodis, V. G., Brumelis, K., Kalvinskis, O., Nikodemus, D. y Tjarve, V. Z. 1996. Does the Skrunda Radio Location Station diminish the radial growth of pine trees? *Sci. Total Environ.* 180: 57-64.
- Barteri, M., Pala, A. y Rotella, S. 2005. Structural and kinetic effects of mobile phone microwave on acetylcholinesterase activity. *Biophysical Chemistry* 113: 245-253.
- Beasond, R.C. y Semm, P. 2002. Responses of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus. *Neuroscience Letters* 33: 175-178.
- Carpenter R.L. y Livstone E.M. 1971. Evidence for nonthermal effects of microwave radiation: Abnormal development of irradiated insect pupae. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* 19 (2): 173 - 178
- Daniells, C., Duce, I., Thomas, D., Sewell, P., Tattersall, J. y de Pomerai, D. 1998. Transgenic nematodes as biomonitors of microwave-induced stress. *Mutat. Res.* 399: 55-64.
- Dasdag, S., Ketani, M.A., Akdag, Z., Ersay, A.R., Sar, I., Demirtas Ö.C y Celik, M.S. 1999. Whole body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urological Research* 27: 219-223.
- Davoudi, M, Brössner, C. y Kuber, W. (2002): Der Einfluss elektromagnetischer wellen auf die Spermienmotilität. *Journal für Urologie und Urogynäkologie* 9: 18-22.
- Di Carlo AL., Hargis, M.T. Penafiel, LM. y Litovitz, TA. 1999 Short-term magnetic field exposures (60 Hz) induce protection against ultraviolet radiation damage. *Int. J. Radiat. Biol.* 75: 1541-1549.
- Eger, H., Uwe, K., Hagen, B., Lucas, P. Vogel y H. Voit. 2004. Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz. *Umwelt medizin gesellschaft* 17: 326-332
- Firstenberg, A. 1997: *Microwaving Our Planet: The Environmental Impact of the Wireless Revolution*. Cellular Phone Taskforce. Brooklyn, NY 11210.
- Frey, A.H. y Feld, S.R. 1975. Avoidance by rats of illumination with low power nonionizing electromagnetic energy. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 89(2): 183-188.
- Garaj-Vrhovac, V., Horvat, D. y Koren, Z. 1991. The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 Chinese hamster cells exposed to microwave radiation. *Mutat. Res.* 263: 143-149.
- Grigoriev IuG. 1996. Role of modulation in biological effects of electromagnetic radiation. *Radiats. Biol. Radioecol.* 36: 659-670.
- Hallberg, O. Johansson, O. (2004): Malignant melanoma of the skin – not a sunshine story!. *Med Sci Monit*, 10: 336-340.
- Heredia-Rojas, L., Rodríguez-Flores, M., Santoyo-Stephano, E., Castañeda-Garza, A. y Rodríguez-De la Fuente. 2003. Los campos electromagnéticos: ¿Un problema de salud pública?, *Respyn* 4: 1-10.
- Hyland, G.J. 2000. Physics and biology of mobile telephony. *The Lancet*, 356: 1-8.
- Hyland, G.J. 2001. *The physiological and environmental effects of non-ionising electromagnetic radiation*. Working document for the STOA Panel. European Parliament. Directorate General for Research.
- Jungreis, S.A. 1987. Biomagnetism: An orientation mechanism in migrating insects?. *Florida Entomologist*, 70: 277-283.



- Kirschvink, J., Padmanabha, S., Boyce, C. y Oglesby J. 1997. Measurement of the threshold sensitivity of honeybees to weak, extremely low-frequency magnetic fields. *J Exp Biol*, 200 (Pt 9): 1363 – 1368.
- Kolodynski, AA. y Kolodynska, VV. 1996. Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radio Location Station in Latvia. *Sci. Total Environ.* 180: 87-93.
- Koschnitzke, C., Kremer, F., Santo, L., Quick, P. y Poglitsch A. 1983. A non-thermal effect of millimeter wave radiation on the puffing of giant chromosomes. *Z. Naturforsch. [C]*, 38 (9-10): 883 – 886.
- Kramarenko, A.V. y Tan U. 2003. Effects of high-frequency electromagnetic fields on human EEG: a brain mapping study. *Intern. J. Neuroscience* 113: 1007-1019.
- Lai, H. y Singh, NP. 1995. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 16: 207-210.
- Levengood, W.C. 1969. A new teratogenic agent applied to amphibian embryos. *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 21: 23-31.
- Ma T.H. y Chu K.C. 1993. Effect of the extremely low frequency (ELF) electromagnetic field (EMF) on developing embryos of the fruit fly (*Drosophila melanogaster* L.). *Mutat. Res.* 303 (1): 35-39.
- Magras, I.N. y Xenos, T.D. 1997. Radiation-induced changes in the prenatal development of mice. *Bioelectromagnetics* 18: 455-461.
- Marino, A.A., Nilsen, E. y Frilot, C. 2003. Nonlinear changes in brain electrical activity due to cell phone radiation. *Bioelectromagnetics* 24: 339-346.
- Mirabolghasemi, G. y Azarnia M. 2002. Developmental changes in *Drosophila melanogaster* following exposure to alternating electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics* 23 (6): 416-420.
- Monteagudo, J.L. 1997. *Bioelectromagnetismo y salud pública efectos, prevención y tratamiento* En. J.L. Bardasano. IBASC Alcala de Henares: 201-210.
- Nikolaevich, N., Igorevna, A. y Vasil, G. 2001. Influence of High-frequency Electromagnetic Radiation at Non-thermal Intensities on the Human Body (A review of work by Russian and Ukrainian researchers). *No place to hide*, 3. Supplement.
- Novoselova, E.T. y Fesenko, E.E. 1998. Stimulation of production of tumor necrosis factor by murine macrophages when exposed in vivo and in vitro to weak electromagnetic waves in the centimeter range. *Biofizika* 43: 1132-1133.
- Oberfeld, G., Navarro, E., Portoles, M., Maestu, C. y Gomez-Perretta, C. 2004. *The Microwave Syndrome – further Aspects of a Spanish Study*. EBEA Congres Kos-Greece 2004.
- Olsen, RG. 1977. Insect teratogenesis in a standing-wave irradiation system *Radio Sci.* 12: 199-207.
- Pan, H. y Liu, X. 2004. Apparent biological effect of strong magnetic field on mosquito egg hatching. *Bioelectromagnetics* 25 (2): 84-91.
- Panagopoulos, D.J. y Margaritis, L.H. 2002. Effects of different kinds of emfs on the offspring production of insects. 2 *nd International Workshop on Biological effects of EMFS*. Rhodes (Greece): 348-452.
- Panagopoulos, D.J., Karabarounis, A. y Margaritis, L.H. 2004. Effect of GSM 900 MHz Mobile Phone Radiation on the Reproductive Capacity of *Drosophila melanogaster*. *Electromagnetic Biology and Medicine* 23: 29-43.
- Prolic, Z., Jovanovic, R., Konjevic, G. y Janac, B. 2003. Behavioral differences of the insect *Morimus funereus* (Coleoptera, Cerambycidae) exposed to an extremely low frequency magnetic field *Electromagnetic Biology and Medicine* 22 (1): 63-73.
- Ramirez, E., Monteagudo, J.L., Garcia-Gracia, M.y Delgado, J.M. 1983. Oviposition and development of *Drosophila* modified by magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 4 (4): 315-326.



Reflex. 2004. <http://www.verum-foundation.de/cgi-bin/content.cgi?id=euprojekte01>

Ruzicka, F. 2003. Schäden durch Elektrosmog. *Bienenwelt*. 10/2003: 34-35.

Salford, L.G., Brun, A.E., Eberhardt, J.L., Malmgren, L. y Persson, B.R. 2003. Nerve cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environmental Health Perspectives* 111: 881-893.

Santini, R., Seigne, M. y Bonhomme-Faibre, L. 2000. Danger des téléphones cellulaires et de leurs stations relais. *Pathol. Biol.* 48: 525-528.

Selga, T. y Selga, M. 1996. Response of *Pinus Sylvestris* L. needles to electromagnetic fields. Cytological and ultrastructural aspects. *The Science of the Total Environment* 180: 65-73.

Stamenkovic-Radak, M., Kitanovic, I., Prolic, Z., Tomisic, I., Stojkovic, B. y Andjelkovic, M. 2001. Effect of a permanent magnetic field on wing size parameters in *Drosophila melanogaster*. *Bioelectromagnetics* 22 (5): 365-369.

Szmigielski, S., Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Zmyslony, M. y Kubacki, R. 1998. Alteration of diurnal rhythms of blood pressure and heart rate to workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields. *Blood Press. Monit.* 3: 323-330.

Tanner, J.A. y Romero-Sierra, C. 1982. The effects of chronic exposure to very low intensity microwave radiation on domestic fowl. *Journal of Bioelectricity* 1: 195-205

Tofani, S., Agnesod, G., Ossola, P., Ferrini, S. y Bussi, R. 1986. Effects of continuous low-level exposure to radio-frequency radiation on intrauterine development in rats. *Health Physics* 51(4): 489-499.

Velizarov, S., Raskmark, P. y Kwee, S. 1999. The effects of radiofrequency fields on cell proliferation are non-thermal. *Bioelectrochem. Bioenerg.* 48: 177-180.

Weisbrot, D., Lin, H., Ye, L., Blank, M. y Goodman, R. 2003. Effects of mobile phone radiation on reproduction and development in *Drosophila melanogaster*. *J. Cell. Biochem.* 89: 48-55.

Westerdahl, B.B. y Gary N.E.. 1981a. Longevity and food consumption of microwave-treated (2.45 GHz CW) honeybees in the laboratory. *Bioelectromagnetics* 2 (4): 305-314.

Westerdahl, B.B. y Gary, N.E. 1981b. Flight, Orientation, and Homing Abilities of Honeybees Following Exposure to 2.45-GHz CW Microwaves. *Bioelectromagnetics* 2: 71-75.