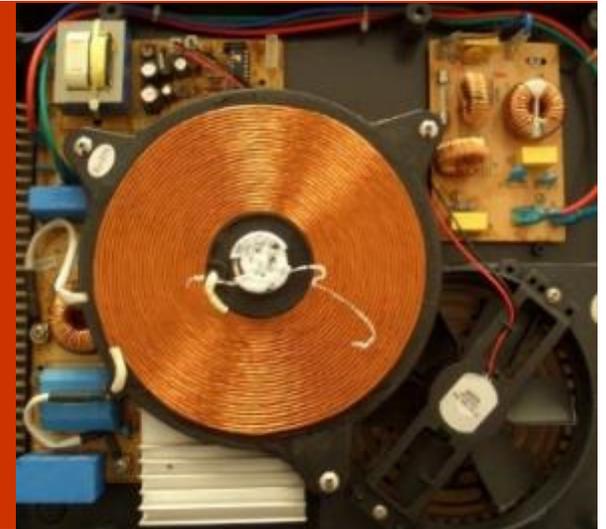


Cocinas de inducción y contaminación electromagnética



Póster presentado en el VII Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física, Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana, 7-11 de marzo de 2016

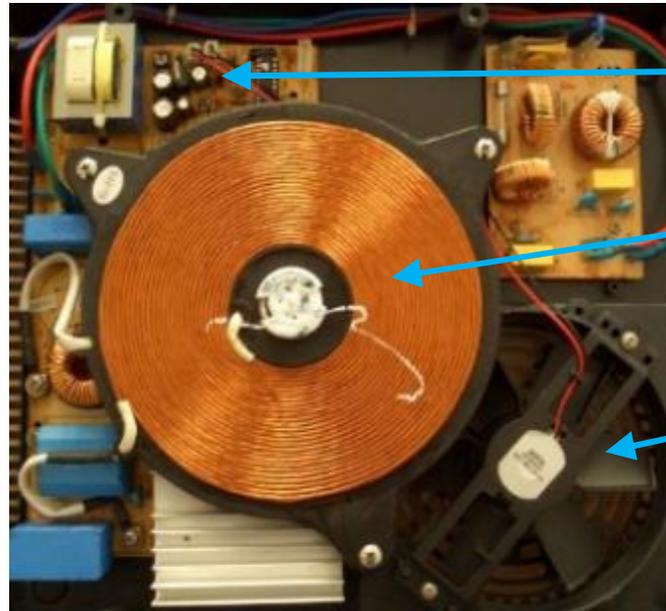


Arnaldo González Arias,
Universidad de La Habana
arnaldo@fisica.uh.cu

Este trabajo se realizó a sugerencia de *Diana M. Zavala Reyes* de la U.T.M., en Ecuador, a causa de la reciente promoción y venta de cocinas de inducción en ese país.

También resulta oportuno en relación a la actual venta masiva de cocinas de inducción en Cienfuegos.

Interior de una CI convencional (vista en planta)



Circuitos (Hz a kHz)

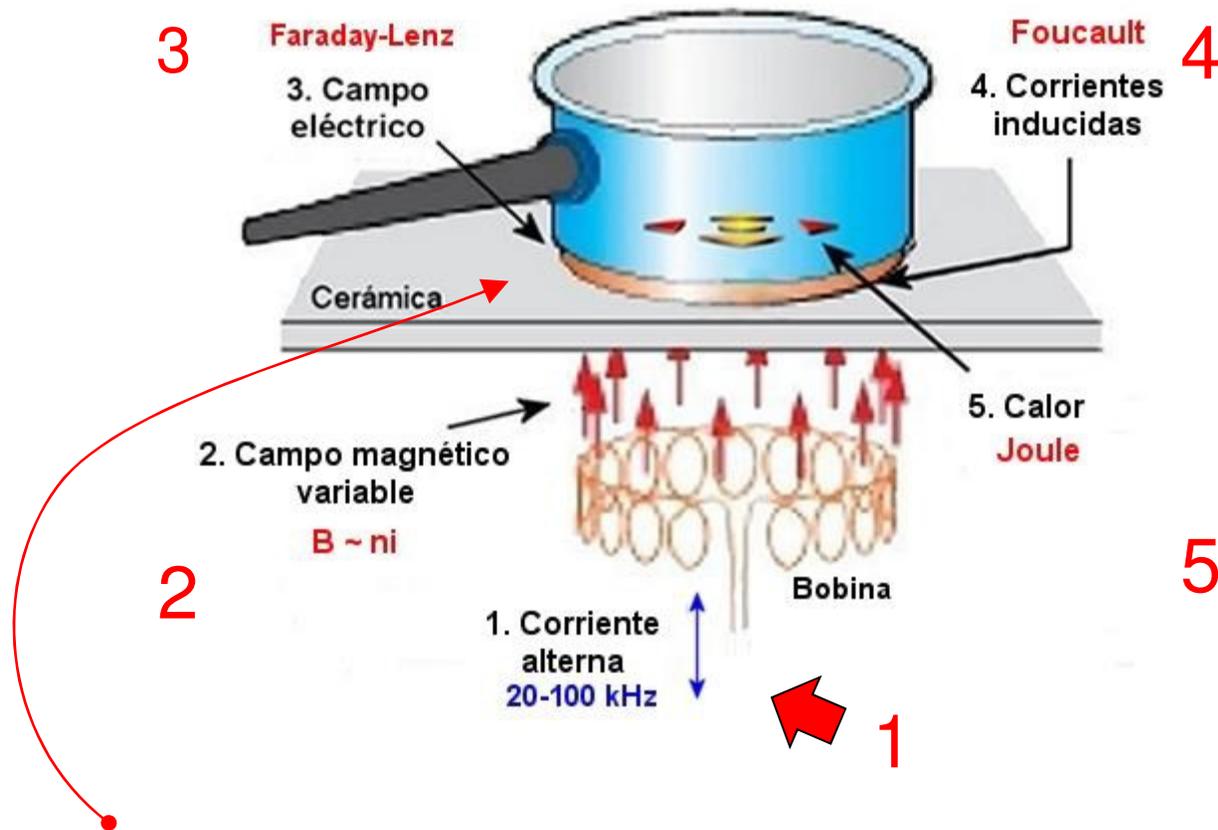
Bobina

Ventilador

Comercializadas **a partir de 1970** por la Westinghouse Electric Corp. en los EE.UU, **sin mucho éxito**.

1. ANTECEDENTES

1.A. Principio de funcionamiento



El comportamiento varía enormemente en función del material en el fondo de la olla.

El funcionamiento es óptimo con aleaciones ferromagnéticas de alta permeabilidad y nulo para utensilios convencionales de cocina como el aluminio y aceros no magnéticos.

Alta resistividad y alta permeabilidad

TABLA I
Propiedades eléctricas y magnéticas de algunos metales

<i>Material</i>	<i>Resistividad (10⁻⁶ ohm-pulg)</i>	<i>Permeabilidad relativa al vacío</i>	<i>Resistencia superficial relativa al cobre</i>
Acero al carbón 1010	9	200	56.25
Acero inoxidable 432	24.5	200	87.5
Acero inoxidable 304	29	1	6.5
Aluminio	1.12	1	1.28
Cobre	0.68	1	1

Se comportan como espejos ante la radiación



1.B. Economía, eficiencia y contaminación

a) Economía

Son más fáciles de limpiar, pero:

No funcionan con sartenes y cazuelas convencionales o lo hacen muy mal.

- A diferencia de los hornos de microondas, no permite usar utensilios de vidrio termo-resistente, barro, teflón o cerámica.
- Hay que renovar totalmente la batería de cocina (gasto económico adicional) y seguir dependiendo de ese tipo de ollas.



b) Eficiencia

Los modelos actuales se promocionan como más eficientes y menos contaminantes que otros tipos de cocinas

Eficientes... (respecto a qué?)

Hay gran diferencia si la energía de la cocina a sustituir proviene: 1) de una hidroeléctrica, eólica, solar o similar, o: 2) de una termoeléctrica

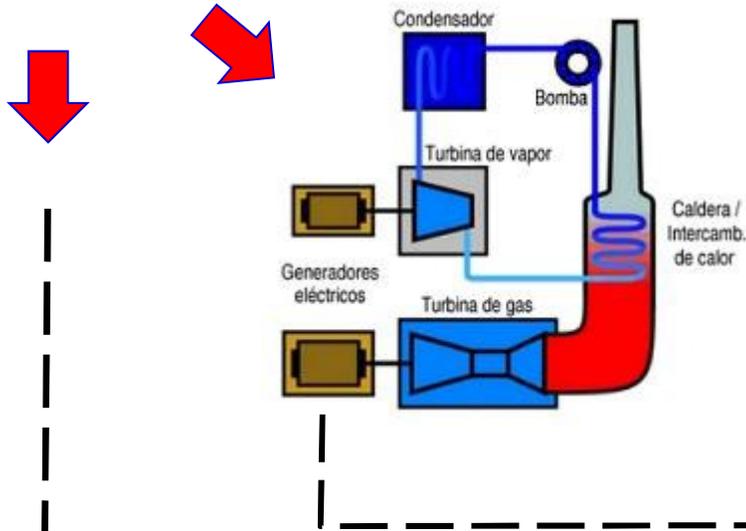
1er. caso: Es posible la mayor eficiencia. Habría que hacer cálculos en cada caso específico.

2do. Caso: No es cierto cuando la energía proviene de una termoeléctrica.



Termoeléctrica 40-70% pérdidas

1. Gas



En la CI hay pérdidas adicionales:
electricidad (2) → radiación (3) → Foucault (4)



Resistor convencional
(más pérdidas)

3. Calor

2. Electricidad

Mayor eficiencia (y simplicidad)



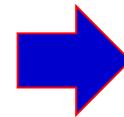
2. Calor

c) Contaminación

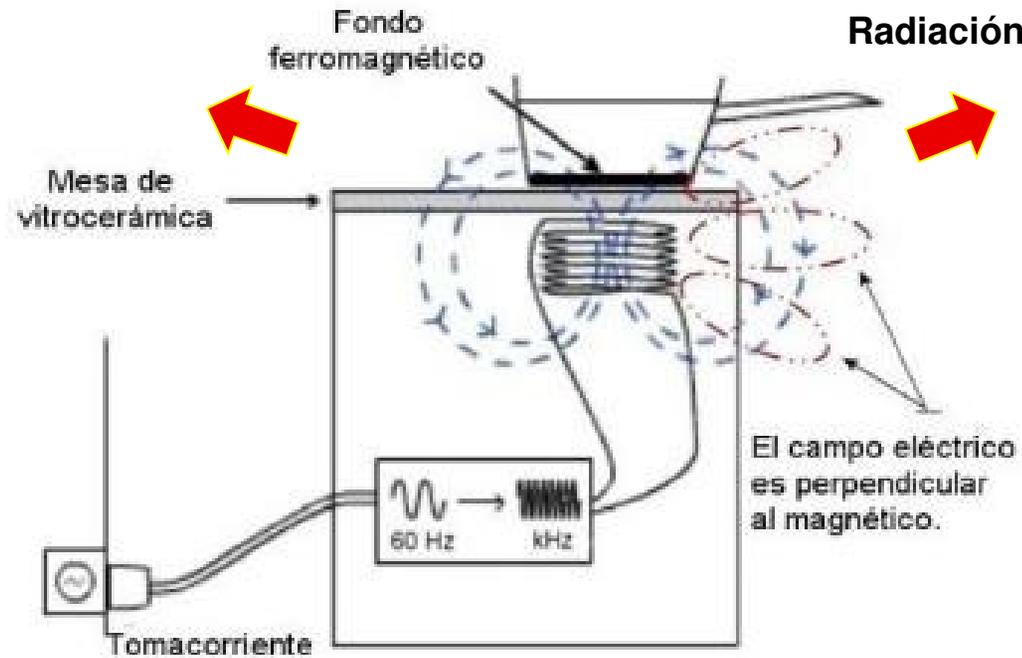
i) Poco o ningún cambio al sustituir una cocina de resistencia convencional por otra de inducción, cualquiera sea la fuente de energía.

ii) **Energía de una termoeléctrica.** Al sustituir gas u otro combustible por inducción se genera más CO₂ y otros gases, porque hace falta quemar más combustible para generar el mismo calor. **La contaminación global aumenta.**

iii) Las CI aportan **contaminación electromagnética** adicional a sus alrededores, con posibles efectos dañinos poco conocidos.



2. ACCIÓN DE LA RADIACIÓN SOBRE LOS TEJIDOS



El campo magnético variable genera ondas electromagnéticas en todas direcciones (ley de Faraday-Lenz)



Artículos importantes

1987

**Bureau of Radiation and Medical Devices,
Health and Welfare de Canadá**

Stuchly M.A. and Lecuyer D.W.,
Electromagnetic Fields around Induction
Heating Stoves. J. Microwave Power
1987, pp. 63-69.

1. A una distancia de 30 cm de la cocina, la radiación a que se exponía un operador se encontraba por debajo de los estándares de seguridad reconocidos **en 1987**.

2. Sólo a 10 cm durante varias horas podía ser la exposición significativa para la salud.

3. El reporte no menciona los posibles efectos biológicos en el intervalo específico de trabajo de las cocinas de inducción (20-100 kHz). Tampoco la posible acción sobre los genes. **(Tema poco estudiado en esa época. El proyecto genoma humano data de 1990)**.



2014

**Grupo de Trabajo de Bioiniciativas (BioInitiative Working Group)
de la Universidad de Washington**

1. Artículo resumen de 114 estudios sobre efectos de la radiación electromagnética en los genes de diferentes tipos de células vivas.

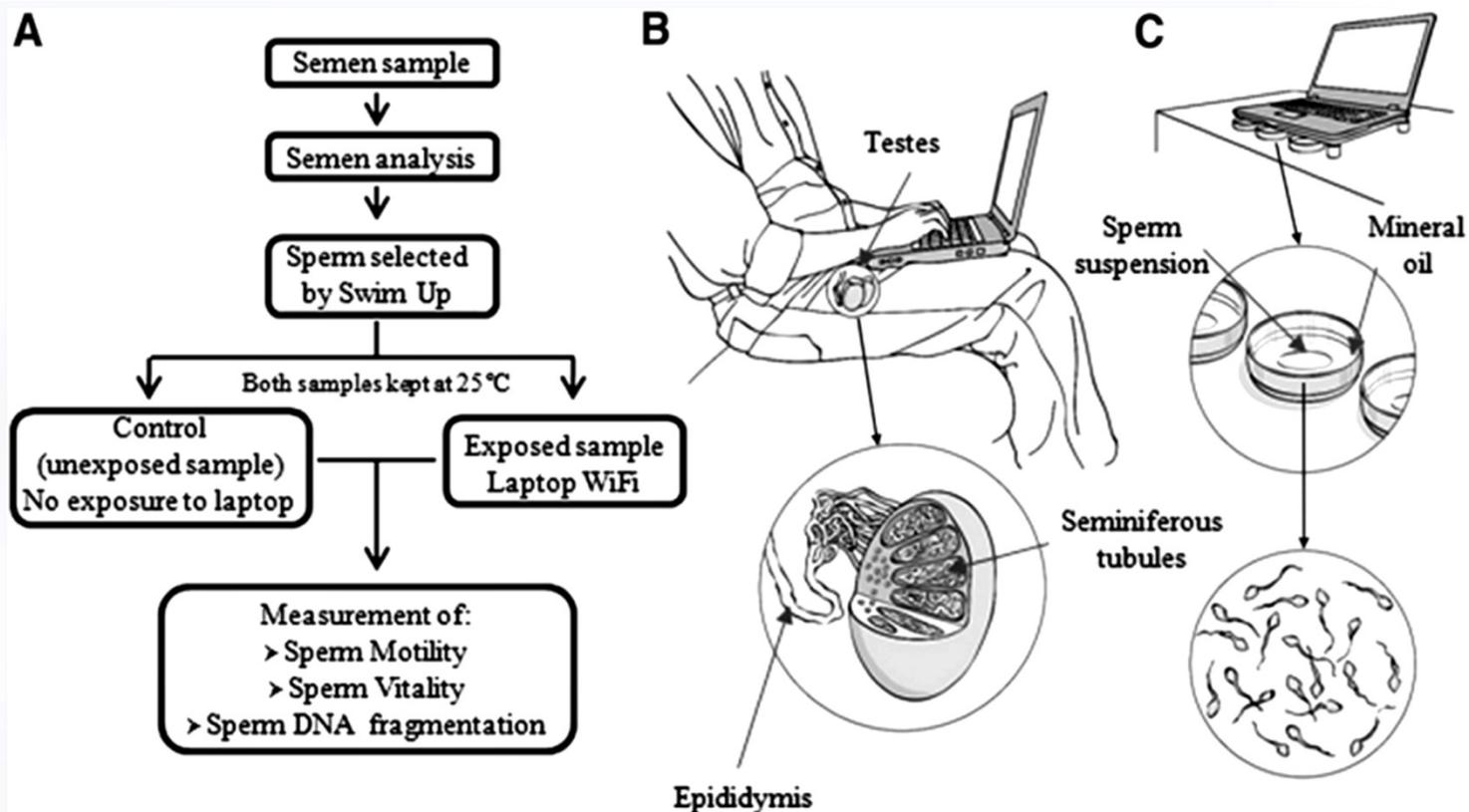
Prof. Henry Lai, PhD (Ret). Genetic Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Fields. 2014 Supplement Department of Bioengineering, University of Washington, Seattle, WA USA.

2. Efectos detectados en un amplio intervalo de frecuencias (10^2 - 10^9 Hz).

3. En la fracción dedicada a frecuencias muy bajas (Extremely Low Frequencies of non-ionizing Electro-Magnetic Fields, ELF-EMF) se encontraron **efectos genéticos en el 83% de los casos.**

Dos ejemplos de esos estudios

I. (2012) Efectos de la radiación wi-fi de **2.4 GHz** sobre el semen. Afecta movilidad y fragmentación del ADN en espermatozoides.



Study design and set-up for the exposure of human sperm to laptop. (A) Experimental design. (B) Schematic situation of the use of the laptop on the lap near the testes. (C) Diagram of the in vitro study. The Petri dishes were placed at 3 cm from a laptop computer. Each Petri dish contained a drop of 400 μ L of sperm suspension in human tubal fluid/synthetic serum substitute (HTF/SSS) covered with mineral oil to prevent evaporation.

Avendaño. Laptop usage and sperm quality. *Fertil Steril* 2012.

II. (2004) Efectos de la radiación de baja frecuencia (60 Hz) en las células del cerebro de ratas, con efecto acumulativo.

Research | Article

Magnetic-Field-Induced DNA Strand Breaks in Brain Cells of the Rat

Henry Lai and Narendra P. Singh

Bioelectromagnetics Research Laboratory, Department of Bioengineering, University of Washington, Seattle, Washington, USA

In previous research, we found that rats acutely (2 hr) exposed to a 60-Hz sinusoidal magnetic field at intensities of 0.1–0.5 millitesla (mT) showed increases in DNA single- and double-strand breaks in their brain cells. Further research showed that these effects could be blocked by pretreating the rats with the free radical scavengers melatonin and *N-tert-butyl- α -phenylnitrone*, suggesting the involvement of free radicals. In the present study, effects of magnetic field exposure on brain cell DNA in the rat were further investigated. Exposure to 0.1–0.5 mT for 24 hr caused a significant increase in DNA strand breaks. Prolonging the exposure to 48 hr caused a larger increase in DNA strand breaks. In addition, treatment with Trolox (a vitamin E analog and superoxide synthase inhibitor) blocked magnetic-field-induced DNA strand breaks. These results support a role of free radicals on the effects of magnetic fields. Treatment with the iron chelator deferiprone also blocked the effects of magnetic fields on brain cell DNA strand breaks. Acute magnetic field exposure increased apoptosis in brain cells of the rat. We hypothesize that exposure to a 60-Hz magnetic field could induce DNA strand breaks (e.g., the Fenton reaction) that increases free radical formation, leading to DNA strand breaks and cell death. This hypothesis could have an important implication for the possible health effects associated with exposure to extremely low-frequency magnetic fields in the public and occupational environments. *Key words:* apoptosis, DNA strand breaks, free radicals, iron, magnetic field, necrosis. *Environ Health Perspect* 112:687–694 (2004). doi:10.1289/ehp.6355 available via <http://dx.doi.org/> [Online 27 January 2004]

Because melatonin and spin-trap compounds are efficient free-radical scavengers, the data suggest that free radicals play a role in the effect of the magnetic field. In another study (Singh and Lai 1998), we found that acute magnetic field exposure induced the formation of DNA strand breaks and DNA-DNA cross-links.

... ratas expuestas a campos magnéticos de 60 Hz por dos horas, a intensidades de 0.1–0.5 mT, mostraron incremento de la rotura de cadenas simples y dobles de DNA en las células del cerebro.

et al. 1996, Kontogiorgos 1997) were investigated. In addition, incidences of apoptosis and necrosis in brain cells of rats acutely exposed to a 60-Hz magnetic field were studied.

En la revisión del BioInitiative Group se encontraron afectaciones genéticas en todas las frecuencias analizadas, en un amplio intervalo desde unas decenas de Hz hasta los GHz en células de muy diversos tipos.

Quizás el resultado más importante de la revisión

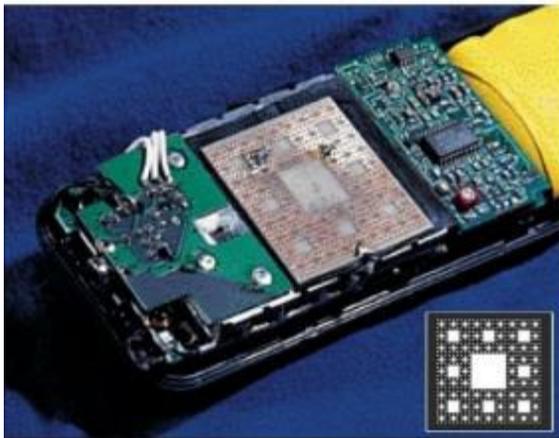
Una posible explicación de este comportamiento aparece en un artículo de Blank y Goodman de 2011:

“...el amplio intervalo de frecuencias de interacción (de los genes) con la radiación... es la característica funcional de una antena fractal, y el ADN parece poseer las dos características estructurales de las antenas fractales; conducción electrónica y autosimetría”(sic).



¿Qué es una antena fractal?

Antena de gran simetría con patrones geométricos que se repiten a diferentes escalas.



Alfombra de Sierpinski en un celular

De mucho menor tamaño que las convencionales. Uso generalizado en teléfonos móviles y en sistemas de posicionamiento global y transmisión por satélite.



Triángulo de Sierpinski (satelital)

Transmiten y reciben en varias bandas de frecuencia. => Aumento de la conectividad de las redes de telefonía móvil y acceso a redes de datos de alta velocidad como la internet.

Nota al margen: Un llamado de atención sobre la magnetoterapia

Hospital Hnos. Ameijeiras.
La Habana, junio 2013.



Se aplican campos magnéticos alternos en cualquier lugar sin conocer sus efectos, con la **esperanza** de que sean benéficos (no hay evidencias clínicas de que lo sean).

De Wikipedia, la enciclopedia libre

La **terapia magnética**, magnetoterapia,... es una práctica... que implica el uso de campos magnéticos... sobre el cuerpo... Se la considera una **seudociencia** ya que ningún estudio ha comprobado su eficacia más allá del efecto placebo.



III. CONCLUSIONES

Las cocinas de inducción:

1. Mejoran la contaminación atmosférica global sólo si sustituyen una cocina de combustible cuando la electricidad proviene de una fuente no termoeléctrica.
2. Si la energía accesible es termoeléctrica es más eficiente y menos contaminante quemar combustible directamente. **Calor** → **electricidad** → **radiación** → **electricidad** → **calor** ⇒ 40-70% de pérdidas de energía.
3. No parece haber beneficios económicos universales. Depende de diversos factores locales. Hay que cambiar la batería de cocina de forma permanente.



4. Añaden contaminación electromagnética a sus alrededores, de efectos poco estudiados, pero significativos.
5. No están definidos los niveles aceptables de intensidad, frecuencia y tiempo para la acción perjudicial sobre los genes.
6. A la luz lo anterior, se puede calificar como no menos de **poco responsable** la aplicación indiscriminada de radiación “terapéutica” de baja frecuencia a las personas.



III. RECOMENDACIONES

- Parece **razonable tomar precauciones** y no descartar el posible efecto sobre los fetos de las gestantes, dada la cercanía de la cocina a la región abdominal de las amas de casa.
- Tampoco descartar el posible efecto sobre óvulos y espermatozoides en exposiciones continuadas en la región abdominal. **Al parecer el efecto es acumulativo.**

Se necesitan más estudios sobre el tema para determinar los niveles inocuos de exposición.



REFERENCIAS

[1] Moreland. W.C. The Induction Range: Its Performance and Its Development Problems, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. TA-9, no. 1, January/February 1973 pages 81–8.

[2] Mestre Rovira Josep, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, NTP 234: Exposición a radiofrecuencias y microondas (I). Evaluación. Tabla 2. Accesible en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_234.pdf

[3] Stuchly M.A. and Lecuyer D.W., Electromagnetic Fields around Induction Heating Stoves. J. Microwave Power 1987, pp. 63-69.

[4] <http://www.bioinitiative.org/>
2004.

[5] Prof. Henry Lai, PhD (Ret). Genetic Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Fields. 2014 Supplement Department of Bioengineering, University of Washington, Seattle, WA USA. Prepared for the BioInitiative Working Group, March 2014. Accesible en http://www.google.com/ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjAAahUKEwii9sumocjIAhVCWx4KHZPIBrc&url=http%3A%2F%2Fwww.bioinitiative.org%2Freport%2Fwp-content%2Fuploads%2Fpdfs%2Fsec06_2012_genetic_effects_non-ionizing.pdf&usg=AFQjCNGPrshHo9bpUbpJyGP1Uy8rpgyHuw

[6] Blank M, Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. Int. J. Radiat. Biol. 87(4):409-415, 2011.

[7] Conrado Avendano, M.S., Ariela Mata, M.S., Cesar A. Sánchez Sarmiento, M.D., Ph.D., and Gustavo F. Doncel, M.D., Ph.D. Fertility and Sterility® Vol. 97, No. 1, January 2012 0015-0282/\$36.00. Copyright ©2012 American Society for Reproductive Medicine, Published by Elsevier Inc. doi:10.1016/j.fertnstert.2011.10.01

[8] H. Lai y N.P. Singh, Environmental Health Perspectives, 112, 6, p.687-694, Mayo



Muchas gracias