



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

---

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA

IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

**Evaluación de la contaminación por radiación electromagnética no ionizante y educación ambiental no formal en una localidad de Xochimilco.**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ECOLOGÍA  
APLICADA PRESENTA

**Biólogo Fernando Antonio Alvarez Ortiz**

Matrícula: 2162800313

**COMITÉ TUTORAL**

Doctor Juan Azorín Nieto  
Director

Doctor Jesús Leonardo Soto Sumuano  
Codirector

M. en C. Alfonso Esquivel Herrera  
Asesor

**Ciudad de México**

**Abril 2019**

## **Dedicatoria**

*A mi madre y al profesor Luis Bojorquez*

## **Agradecimientos**

El jurado asignado por la Comisión Académica de la Maestría en Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, aprobó la Idónea Comunicación de Resultados titulada:

**Evaluación de la contaminación por radiación electromagnética no ionizante y educación ambiental no formal en una localidad de Xochimilco.**

Que presentó:

Biólogo Fernando Antonio Alvarez Ortiz

El día [...] de [...] de 2019 en la Ciudad de México para obtener el Grado de Maestro en Ecología Aplicada

**JURADO DE EXAMEN**

**FIRMA**

Doctora Erika Patricia Azorín Vega (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares)

Presidente

Doctora Juanita del Pilar Ochoa Chi (Universidad Autónoma de la Ciudad de México)

Secretario

Maestro Emmanuel Abundis Gutiérrez (Sociedad Mexicana para la Protección de la Radiación no Ionizante)

Vocal



# Índice

Capítulo 1 .....	1
<b>Efectos de la radiación no ionizante en la salud humana, normatividad nacional e internacional y propuestas para su regulación.</b> .....	1
Resumen.....	1
Introducción.....	1
Marco Teórico .....	2
Objetivo.....	4
Metodología .....	4
Resultados .....	5
Discusión.....	11
Conclusiones.....	13
Referencias .....	14
Capítulo 2 .....	19
<b>Monitoreo de las emisiones de radiación no ionizante en la zona urbana de Xochimilco</b> .....	19
Resumen.....	19
Introducción.....	19
Marco Teórico .....	20
Objetivo.....	24
Metodología .....	24
Resultados .....	27
Discusión.....	31
Conclusiones.....	33
Referencias .....	34
Capítulo 3 .....	38
<b>Determinación de la presencia del cuadro sintomatológico asociado a la exposición crónica a radiación no ionizante mediante encuestas.</b> .....	38
Resumen.....	38
Introducción.....	38
Marco teórico.....	39
Objetivo.....	41

<b>Metodología</b> .....	41
<b>Resultados</b> .....	42
<b>Discusión</b> .....	46
<b>Conclusiones</b> .....	47
<b>Referencias</b> .....	48
<b>Capítulo 4</b> .....	50
<b>Transferencia de conocimiento sobre contaminación ambiental por radiaciones no ionizantes mediante actividades de educación ambiental no formal</b> .....	50
<b>Resumen</b> .....	50
<b>Introducción</b> .....	50
<b>Marco teórico</b> .....	51
<b>Objetivo</b> .....	52
<b>Metodología</b> .....	52
<b>Resultados</b> .....	53
<b>Discusión</b> .....	56
<b>Conclusiones</b> .....	57
<b>Referencias</b> .....	58
<b>Anexo</b> .....	59
<b>Folleto</b> .....	59
<b>Tríptico</b> .....	67
<b>Constancia</b> .....	69



# 1 **Capítulo 1**

2

## 3 **Efectos de la radiación no ionizante en la salud humana,** 4 **normatividad nacional e internacional y propuestas para su** 5 **regulación.**

6

### 7 **Resumen**

8 En décadas recientes, la humanidad se ha encontrado cada vez más expuesta a las  
9 radiaciones no ionizantes (RNI) de radiofrecuencia, microondas, campos eléctricos  
10 y magnéticos. A pesar de ello, existe aún gran discrepancia entre instituciones a  
11 nivel internacional respecto a si las RNI representan una amenaza para la población  
12 humana y el ambiente. El objetivo de este capítulo fue realizar una revisión  
13 bibliográfica de los efectos de la RNI en la salud humana, la normatividad nacional  
14 e internacional y las propuestas para su regulación. Se realizó una búsqueda en  
15 bases de datos utilizando términos específicos relacionados con RNI y sus efectos  
16 en la salud. De acuerdo con la bibliografía, los efectos de la RNI pueden ser tanto  
17 térmicos como no térmicos, y están asociados con trastornos de comportamiento,  
18 subfertilidad, trastornos hormonales, daños genéticos (ruptura de ADN) y diversos  
19 tipos de cáncer. No obstante, los niveles de exposición permisibles tanto por  
20 normatividad nacional como internacional están muy por encima de los niveles  
21 asociados con dichos problemas de salud.

### 22 **Introducción**

23 En décadas recientes, la humanidad se ha encontrado cada vez más expuesta a las  
24 radiaciones no ionizantes (RNI) de radiofrecuencias (RF), microondas (MO)  
25 derivadas de la telefonía móvil, internet y tecnología inalámbrica (Hedendahl et al.,  
26 2015); así como de campos eléctricos (CE) y magnéticos (CM) derivados de la  
27 infraestructura eléctrica de baja, media y alta tensión (Soto-Sumuano, 2015). El  
28 intenso desarrollo de la tecnología inalámbrica y telecomunicaciones ha llevado a  
29 un dramático incremento en las emisiones de radiación de radiofrecuencias, y de  
30 campos magnéticos (Yakymenko et al., 2016). Así mismo, el desarrollo de la

1 tecnología, a dado lugar al incremento de dispositivos eléctricos, lo que conlleva el  
2 aumento de CM de frecuencias extremadamente bajas (FEB) (Maluckov et al.,  
3 2014).

4 Desde finales del siglo XX se le reconoce a la radiación electromagnética no  
5 ionizante de origen antrópico como contaminante, tanto por la abundancia de sus  
6 emisiones como por los efectos que puede producir en la salud (Parrado, 2008). Se  
7 usa el término de contaminación electromagnética, electropolución o electrosmog  
8 para referirse a las señales irradiadas, que pueden dañar desde equipo electrónico  
9 hasta organismos vivos, y que puede afectar procesos naturales importantes en un  
10 ecosistema (Cobzaru, 2015). Actualmente, la Organización Mundial de la Salud  
11 (OMS) reconoce los riesgos para la salud asociados con la exposición a las  
12 radiofrecuencias; asimismo las radiaciones no ionizantes (RNI), tanto térmicas  
13 como no térmicas, se ubican en la categoría de carcinogénicos del grupo 2B por la  
14 OMS, lo que significa que hay suficiente evidencia experimental en animales pero  
15 no en humanos (IARC, 2002, 2011) de sus efectos sobre la salud. A pesar de ello,  
16 existe aún gran discrepancia entre instituciones a nivel internacional respecto a si  
17 las RNI representan un riesgo para la población humana y el ambiente.

## 18 **Marco Teórico**

### 19 *Radiación ionizante y no ionizante*

20 De acuerdo con la OMS (WHO, 2016), la radiación es todo tipo de energía que se  
21 mueve en forma de partículas u ondas electromagnéticas y puede ser ionizante y  
22 no ionizante. La radiación ionizante es aquella que tiene la energía suficiente para  
23 arrancar los electrones de las moléculas (ionización), mientras que la radiación no  
24 ionizante solo tiene energía suficiente para excitar las moléculas sin causar  
25 ionización (WHO, 2016).

### 26 *Espectro electromagnético*

27 El espectro electromagnético es la distribución energética de las ondas  
28 electromagnéticas; se extiende desde la radiación de menor longitud de onda (rayos  
29 cósmicos), hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda (ondas de

1 radio), y abarca tanto la radiación ionizante como la no ionizante. Una característica  
2 importante es que las ondas de mayor longitud tienen menor frecuencia y energía y  
3 las ondas de menor longitud tienen mayor frecuencia y mayor energía.

4 La energía electromagnética en una longitud de onda  $\lambda$ , se desplaza (aún en el  
5 vacío) a la velocidad de la luz  $c$ , tiene una frecuencia asociada  $\nu$  (ípsilon minúscula)  
6 y una energía fotónica  $E$ , por consiguiente, el espectro electromagnético puede  
7 expresarse en términos de cualquiera de estas variables, que están relacionadas  
8 de la siguiente forma:

$$9 \qquad \qquad \qquad c = \lambda \nu$$

$$10 \qquad \qquad \qquad E = h \nu$$

11 Donde  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío, aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s, y  $h$  es  
12 la constante de Planck,  $6.626 \times 10^{-34}$  Js (Corona & Oviedo, 2012).

### 13 *Ondas de radiofrecuencias y microondas*

14 Las ondas de RF (30 kHz – 300 MHz) y MO (300 MHz – 300 GHz), son generadas  
15 principalmente por dispositivos móviles, torres de comunicación, y tecnologías  
16 inalámbricas en general, por ende, las señales de radio, televisión, teléfono móvil e  
17 internet inalámbrico son ejemplos de radiofrecuencias y microondas. Las RF y MO  
18 también son categorizadas como térmicas.

### 19 *Radiaciones de frecuencias bajas y extremadamente bajas*

20 Constituida por los campos magnéticos y eléctricos correspondientes a radiación no  
21 térmica o de frecuencias extremadamente bajas generadas por cableado de alto  
22 voltaje, cableado doméstico, o cualquier aparato eléctrico. Esta categoría de RNI  
23 también suele denominarse no térmica.

24

25

26

## 1 *Campo eléctrico*

2 El campo eléctrico (**E**) es un campo físico o campo vectorial que es representado  
3 mediante un modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas de  
4 naturaleza eléctrica (Purcell & Morin, 2013). De acuerdo con Griffiths (1999), el  
5 modelo describe un campo vectorial en el cual una carga eléctrica puntual de valor  
6 **q** sufre los efectos de una fuerza eléctrica **F** dada la siguiente ecuación:

$$7 \quad \vec{F} = q\vec{E}$$

## 8 *Campo magnético*

9 Es el espacio en el cual una carga **q**, se mueve a cierta velocidad **v** y experimenta  
10 los efectos de una fuerza dada por la siguiente ecuación:

$$11 \quad \vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

12 Donde **B** es el campo magnético (Griffiths, 1999; Purcell & Morin, 2013). Las  
13 unidades en las que se mide el campo magnético son teslas (**T**) y gauss (**G**), ésta  
14 última 1 G = 10<sup>-4</sup> T (Azorín, 2004).

## 15 **Objetivo**

16 Realizar una revisión bibliográfica de los efectos de la Radiación No Ionizante en la  
17 salud humana, así como de la normatividad nacional e internacional y las  
18 propuestas para su regulación.

## 19 **Metodología**

20 Para la búsqueda de la literatura se utilizó PubMed y ELSEVIER, con enfoque en  
21 las publicaciones en inglés a partir de 2010. El procedimiento de búsqueda fue el  
22 siguiente:

23 Primero se utilizaron las siguientes frases: “mobile phone base stations”, “cell tower”,  
24 “non-ionizing radiation”, “magnetic fields”, “electric fields” y “electromagnetic fields”.  
25 En el segundo paso se excluyeron los estudios que no mencionaban la intensidad  
26 de la RNI. Así mismo se consultaron las fuentes referidas en los artículos  
27 encontrados para ampliar las fuentes de información.

1 Posteriormente, se hicieron las ligas lógicas entre las frases mencionadas  
 2 anteriormente y las siguientes: “nomativity”, “threshold”, “physical effects”, “health  
 3 effects”, “anxiety”, “insomnia”, “stress”, “leukemia”, para identificar aquellas  
 4 relacionadas con la normatividad, los límites y efectos sobre la salud.

## 5 **Resultados**

6 Existen tres tipos de efectos que producen las RNI: los efectos térmicos que están  
 7 asociados exclusivamente a la elevación de la temperatura corporal o de una parte  
 8 del cuerpo; los efectos atérmicos que son aquellos producidos por el organismo  
 9 para mitigar el aumento de la temperatura corporal en un grado Celsius; y los  
 10 efectos no térmicos que provocan cambios en el funcionamiento de las células, de  
 11 órganos o en el comportamiento de los individuos expuestos a las radiofrecuencias  
 12 (Medina et al., 2014). La tabla 1 muestra algunos de los efectos generales  
 13 producidos por las RNI de RF y CM, con su respectiva frecuencia e intensidad.  
 14 Asimismo, la tabla 2 muestra las frecuencias y las fuentes de emisión de RF más  
 15 comunes en el mundo.

16 **Tabla 1.** Efectos de las RNI en la salud humana con sus respectivas frecuencias e intensidades.

Referencia	Frecuencias (GHz)	Intensidad (W/m <sup>2</sup> )	Efectos
Paulraj & Behari, 2006	2.45	1 - 3	Ruptura de ADN
Chauhan <i>et al</i> , 2017	2.45	2	Producción de radicales libres (e.g. LPOs)
Bayat <i>et al</i> , 2017	0.9	0.9	Prolonga la duración de las infecciones
Lebedeva <i>et al</i> , 2000; Mohler <i>et al</i> , 2010	0.3 - 5	0.0001 - 0.3	Trastornos del sueño
Forgács <i>et al</i> , 2006	1.8	0.2	Reducción de la fertilidad
Persson <i>et al</i> , 1997; Salford <i>et al</i> , 2003	0.9 - 1.8	0.01 - 0.2	Tumores cerebrales
Velizarov <i>et al</i> , 1999; Richter <i>et al</i> , 2000	500 - 3	0.05 - 1	Cáncer (no cerebral)
Khurana <i>et al</i> , 2010	0.3 - 5	0.001	Arritmias, problemas vasculares
<b>(μW/m<sup>2</sup>)</b>			
Thomas <i>et al</i> , 2010	0.9 - 2.4	100	Problemas de memoria, aprendizaje y comportamiento
Buchner & Eger, 2011	1.8	100	Trastornos Hormonales
Thomas et al, 2010; Hardell <i>et al</i> , 2016	0.9 - 1.8	1 - 6	Estrés oxidativo (e. g. ROS)
<b>(Hz) (μT)</b>			
Kelfkens & Pruppers, 2017	50 - 60	0.3	Leucemia aguda en niños menores de 15

18

19

20

21

1 **Tabla 2.** Frecuencias de las fuentes más comunes de exposición.

Fuente	Frecuencia (GHz)	Nota
Torre-celular	0.3, 0.4, 0.7, 0.8, 0.9, 0.95, 1.8, 1.9, 2.1	
Wi-Fi	2.4, 2.5 2.6, 3.6, 5	Predominante Emergente
Laptops	2.4 5	Predominante Emergente
Medidores inteligentes	0.9, 2.4	
Electrodomésticos inteligentes	2.4	
Instalaciones eléctricas	50, 60 (Hz)	

2 (Powell, 2013)

3  
4  
5 Entre los principales efectos reportados en el ser humano se encuentra la elevación  
6 de la temperatura del tejido mediante la excitación molecular que se da cuando la  
7 RNI pasa a través de un cuerpo o de una extremidad (ICNIRP, 2007; NSC, 2001).

8 Otros efectos conocidos están relacionados con la interacción de moléculas  
9 intermediarias (radicales libres) en reacciones enzimáticas de un organismo  
10 determinado, es decir, alteran procesos metabólicos celulares, dichas alteraciones  
11 están relacionadas a los procesos carcinogénicos (IARC, 2002, 2011; Messiha et  
12 al., 2015); y a la depresión del sistema inmune (Durrant et al., 2015). Asimismo,  
13 algunos estudios asocian efectos de la RNI con una mayor incidencia de dolores de  
14 cabeza, problemas de insomnio y trastornos hormonales (NRL, 2008); así como  
15 asociación entre síntomas psiquiátricos como depresión, ansiedad e irritabilidad en  
16 relación a la cercanía de torres de comunicación (Da Silva et al., 2015).

17 Respecto al sistema inmune, se han reportado procesos alérgicos, depresión del  
18 sistema inmune, modificaciones linfocíticas, macrofágicas y hematológicas (Castillo  
19 et al., 1992). También se ha reportado un efecto bradicardizante de las ondas  
20 electromagnéticas, el cual consiste en alteraciones relacionadas con la conducción  
21 del estímulo eléctrico por las fibras miocárdicas (Sastre et al., 2000).

22

23

24

## 1 *Luz blanca de origen artificial*

2 Actualmente se ha relacionado la RNI producida por la exposición a luz visible  
3 durante la noche con problemas en la producción natural de melatonina, que  
4 conlleva a una mayor incidencia en el cáncer de mama (Spivey, 2010). Se ha  
5 planteado que la exposición a turnos nocturnos de trabajo son el factor más  
6 significativo asociado con el cáncer de mama y ovario, por lo que actualmente los  
7 turnos de trabajo nocturnos están clasificado como carcinogénico por la Agencia  
8 Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC por sus siglas en inglés)  
9 (Fenga, 2016; IARC, 2010; Zhao et al, 2016) debido a la exposición a luz visible  
10 artificial en estos horarios (Stevens, 2009). Asimismo, también se reporta que los  
11 campos electromagnéticos están implicados en la patogénesis del cáncer de mama  
12 tanto en hombres como en mujeres (Fenga, 2016).

## 13 *Campos eléctricos y magnéticos de frecuencias extremadamente bajas*

14 Con respecto a campos electromagnéticos (CEM), se han reportado efectos  
15 genotóxicos en fibroblastos y melanocitos humanos expuestos a CEM de frecuencia  
16 extremadamente baja (FEB) de 50 Hz (Esquivel-Rodríguez et al., 2013). En relación  
17 a campo eléctrico, se reporta que a intensidades de 50 a 100 mV/m de frecuencias  
18 iguales o superiores a 20 Hz, estimula la producción de magnetofosfenos, es decir,  
19 la manifestación de sensaciones visuales intermitentes o manchas luminosas  
20 (Saunders, 2007). Por otro lado, desde el año 2000 se ha demostrado que los CM  
21 con intensidades de 0.3 y 0.4  $\mu$ T y frecuencias de 50 y 60 Hz aumentan el riesgo de  
22 leucemia infantil (Ahlbom et al., 2000; Belyaev et al., 2016).

## 23 *Radiofrecuencias*

24 En el caso de las FEB emitidas por líneas de tensión (50Hz) y con radiofrecuencias  
25 (RF) a frecuencias de 915 MHz emitidas por torres de telecomunicaciones de tipo  
26 Sistema Global de Comunicación Móvil (GSM por sus siglas en inglés) se han  
27 reportado efectos sobre la cromatina celular, rupturas de doble hebra del ADN; e  
28 inhibición de los focos de reparación de ADN en linfocitos humanos (Belyaev, 2005).  
29 Asimismo, existe daño potencial a la barrera hematoencefálica con 5 minutos de

1 exposición a RF con intensidad de 50 mW/cm<sup>2</sup> (Wang et al, 2015). Estudios en  
2 Suecia de 1990 a 2009 concluyen que el riesgo de desarrollar tumores cerebrales  
3 malignos en los usuarios de teléfonos celulares y teléfonos inalámbricos, se  
4 incrementa con el uso acumulado de estos dispositivos (Cobzaru, 2015).

5 Entre los principales efectos de la exposición crónica a la RNI en el ser humano se  
6 encuentra el efecto térmico, es decir, la elevación de la temperatura del tejido  
7 mediante la excitación molecular que se da cuando la RNI pasa a través de un  
8 cuerpo o de una extremidad (ICNIRP, 2007; NSC, 2001). También se han reportado  
9 alteraciones de procesos metabólicos específicos mediante la interacción de la RNI  
10 con moléculas intermediaras (radicales libres) en reacciones enzimáticas, dichas  
11 alteraciones se relacionan con los procesos carcinogénicos (Messiha et al., 2015) y  
12 con la depresión del sistema inmune (Durrant et al., 2015).

### 13 *Efectos en la fauna silvestre*

14 Hay una gran diversidad de efectos reportados en la fauna silvestre. Por ejemplo en  
15 insectos, se han señalado trastornos hormonales y enzimáticos, alteraciones de  
16 comportamiento, mayor tasa de deformidad y mortalidad, además de exclusión de  
17 organismos de la cercanía de fuentes emisoras de RNI (Balmori, 2006).  
18 Adicionalmente se ha reportado su relación con el deterioro del sistema inmune,  
19 problemas de reproducción y cambios en el comportamiento de mamíferos y  
20 teratogénesis en anfibios (Balmori, 2009). Algunos estudios reportan que los  
21 campos electromagnéticos de las torres de comunicación pueden provocar efectos  
22 aversivos en ratones silvestres, murciélagos y gorriones, además de que este  
23 contaminante reduce las poblaciones de éstos organismos en su cercanía (Balmori,  
24 2009; Evereart & Bauwens, 2007).

### 25 *Normatividad nacional*

26 México cuenta con la NOM-013-STPS-1993. Relativa a las condiciones de  
27 seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones  
28 electromagnéticas no ionizantes. Dicha Norma establece que los límites de  
29 exposición para ocho horas laborales son de 200 V/m para campo eléctrico; 0.6 µT



1 para campo magnético;  $40 \text{ W/m}^2$  para radiofrecuencias de 400 MHz a 2000 MHz y  
2 de  $50 \text{ W/m}^2$  para radiofrecuencias de 2 GHz a 300 GHz (Farell, 1993).

3 Actualmente, México no cuenta con una normatividad y lineamientos que  
4 establezcan límites de exposición a RNI para la población en general. En el caso de  
5 las radiofrecuencias (RF), existe el “Anteproyecto de Disposición Técnica IFT-007-  
6 2016: Límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones  
7 electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizante en el intervalo de 100 kHz a 300  
8 GHz” (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2016), que se encuentra en  
9 proceso de aprobación. No existen proyectos para los límites de exposición a  
10 campos magnéticos y/o eléctricos para la población en general.

### 11 *Normatividad internacional*

12 Los límites para exposición de campos eléctricos, magnéticos y radiofrecuencias  
13 sugeridos por la Comisión Internacional para la Protección de las Radiaciones No  
14 Ionizantes (ICNIRP por sus siglas en inglés) establecen que los límites de campo  
15 eléctrico y magnético permisibles para la población en general (tabla 3) son  $2500$   
16  $\text{V/m}$  y  $200 \mu\text{T}$  respectivamente, en el intervalo de frecuencias de 50 a 60 Hz el cual  
17 es más utilizado internacionalmente incluyendo a México. Mientras que los límites  
18 permisibles de exposición laboral para campo eléctrico y magnético son de  $5000$   
19  $\text{V/m}$  y  $1000 \mu\text{T}$  respectivamente, para el mismo intervalo de frecuencias (tabla 4).  
20 En el caso de las radiofrecuencias y microondas, para el público general (tabla 3),  
21 los límites en los intervalos de frecuencias de 400 MHz a 2000 MHz y de 2 GHz a  
22 300 GHz es de  $10 \text{ W/m}^2$ , mientras que el límite de exposición laboral en el intervalo  
23 de 400 MHz a 2000 MHz es de  $40 \text{ W/m}^2$ , mientras que para el intervalo de 2 GHz a  
24 300 GHz es de  $50 \text{ W/m}^2$  (tabla 4) (ICNIRP, 2009, 2010).

25  
26  
27  
28  
29  
30  
31

1 **Tabla 3.** Niveles de exposición de campos eléctricos y magnéticos permisibles para la población  
 2 general (f en Hz).

Intervalo de frecuencia	Fuerza del campo-E	Fuerza del campo magnético	Densidad de flujo magnético
	E (kV m <sup>-1</sup> )	H (A m <sup>-1</sup> )	B (T)
1 Hz - 8 Hz	5	3.2x10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	4 x 10 <sup>-2</sup> /f <sup>2</sup>
8 Hz - 25 Hz	5	4 x 10 <sup>3</sup> /f	5 x 10 <sup>-3</sup> /f
25 Hz - 50 Hz	5	1.6 x 10 <sup>2</sup>	2 x 10 <sup>-4</sup>
50 Hz - 400 Hz	2.5x10 <sup>2</sup> /f	1.6 x 10 <sup>2</sup>	2 x 10 <sup>-4</sup>
400 Hz - 3 kHz	2.5x10 <sup>2</sup> /f	6.4 x 10 <sup>4</sup> /f	8 x 10 <sup>-2</sup> /f
3 kHz - 10 MHz	8.3x10 <sup>-2</sup>	21	2.7 x 10 <sup>-5</sup>

3  
 4 (ICNIRP, 2010).

6 **Tabla 4.** Niveles de exposición de campos eléctricos y magnéticos permisibles a nivel laboral (f en  
 7 Hz).

Intervalo de frecuencia	Fuerza del campo-E	Fuerza del campo magnético	Densidad de flujo magnético
	E (kV m <sup>-1</sup> )	H (A m <sup>-1</sup> )	B (T)
1 Hz - 8 Hz	20	1.63 x 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	0.2/f <sup>2</sup>
8 Hz - 25 Hz	20	2 x 10 <sup>4</sup> /f	2.5 x 10 <sup>-2</sup> /f
25 Hz - 300 Hz	5 x 10 <sup>2</sup> /f	8 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>
300 Hz - 3 kHz	5 x 10 <sup>2</sup> /f	2.4 x 10 <sup>5</sup> /f	0.3/f
3 kHz - 10 MHz	1.7 x 10 <sup>-1</sup>	80	1 x 10 <sup>-4</sup>

8  
 9 (ICNIRP, 2010)

11 *Propuestas para su regulación*

12 Algunos autores (Bayat et al., 2017; Forgács et al., 2006; Hardell et al., 2016;  
 13 Kelfkens, 2017; Khurana et al., 2010; Persson et al., 1997; Richter et al., 2000;  
 14 Salford et al., 2003; Thomas et al., 2010; Velizarov et al., 1999) demuestran que  
 15 existe suficiente evidencia epidemiológica para justificar el principio precautorio  
 16 enfocado a establecer límites precautorios mediante acciones como: limitar la  
 17 propagación de tecnología inalámbrica en escuelas, lugares muy frecuentados  
 18 (librerías, oficinas, hospitales); desalentar el uso de teléfonos celulares en menores  
 19 de 14 años; y monitorear la acción oncogénica de exposiciones a campos  
 20 electromagnéticos a nivel doméstico y en lugares de trabajo (Cabañas, 2017;  
 21 Cobzaru, 2015). Asimismo, se sugiere el desarrollo de protocolos para la evaluación

1 y monitoreo de RNI emitidas por las antenas celulares, para limitar los niveles de  
2 radiación electromagnética emitida por la industria de telecomunicaciones  
3 (Saavedra & Torres, 2013).

#### 4 **Discusión**

5 Existe discrepancia respecto a los efectos de las RNI en la salud humana, no  
6 obstante estos efectos se conocen, y se han investigado desde hace varias  
7 décadas, en particular la relación entre el campo magnético y la leucemia infantil  
8 (Ager et al., 1965; Calvente et al., 2010; Wertheimer & Leeper, 1979); Así como  
9 algunos efectos de las radiofrecuencias y microondas en los sistemas vivos, incluso  
10 a nivel molecular (Stuchly, 1979); También existen antecedentes de los efectos  
11 neurofisiológicos de las radiofrecuencias en el cerebro, por ejemplo, cambios de  
12 comportamiento, alteraciones en el ciclo circadiano y en la concentración iónica de  
13  $\text{Ca}^{2+}$  en el tejido cerebral (Adey, 1979).

14 Es importante notar, que los efectos de las RNI tienen una relación no lineal. Es  
15 decir, los efectos pueden variar debido a la intensidad ( $\mu\text{T}$ ,  $\text{V/m}$ ,  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ , etc.),  
16 frecuencia (Hz), tiempo de exposición, edad y género del individuo expuesto, por lo  
17 que hay subgrupos dentro de una misma población que son más vulnerables que  
18 otros. Un claro ejemplo de ello son los efectos asociados a un tipo de frecuencia e  
19 intensidad específica de RNI (tabla 1), de los que un claro ejemplo son los campos  
20 magnéticos mayores a  $0.3 \mu\text{T}$  en frecuencias entre 50 y 60 Hz y su relación con la  
21 leucemia infantil, particularmente la leucemia linfoblástica aguda (Calvente et al.,  
22 2010; Kabuto et al., 2006). Otro ejemplo es la baja sensibilidad a algunas  
23 radiofrecuencias que muestran las personas con sobrepeso, quienes ya no  
24 manifiestan una respuesta significativa de estrés en el metabolismo de las  
25 catecolaminas en comparación con las personas con enfermedades crónicas e  
26 inclusive personas sanas (Buchner & Eger, 2011).

27 Por otra parte, las radiofrecuencias son el grupo de RNI más estudiado respecto a  
28 los efectos a la salud. Prácticamente todos los intervalos de frecuencias utilizados  
29 por la tecnología contemporánea (tabla 2) están asociados a algún padecimiento,  
30 de los cuales van desde los efectos más sutiles como trastorno del sueño (Lebedeva

1 et al., 2000; Loughran et al., 2005; Mohler et al., 2010), hasta ruptura de ADN, estrés  
2 oxidativo y producción de radicales libres (Chauhan et al., 2017; Paulraj & Behari,  
3 2006). Estos últimos, son los más ampliamente asociados a procesos  
4 carcinogénicos mediante la activación significativa de rutas metabólicas, generado  
5 especies reactivas de oxígeno (ROS) activación de peroxidación, daño oxidativo del  
6 ADN y cambio en la actividad y concentración de enzimas antioxidantes en el  
7 organismo (Yakymenko et al., 2016).

8 En muchos estudios (Mohler et al., 2010), la relación entre la exposición crónica a  
9 algún tipo de RNI y un efecto adverso a la salud, suele ser descartada debido a que  
10 en los resultados no hay una “diferencia significativa”. No obstante, es importante  
11 considerar que algunos aspectos de salud tan complejos como el cáncer son  
12 enfermedades multifactoriales que incluyen variables que van desde estímulos  
13 ambientales, estilo de vida e historia familiar, así como trabajos en turnos nocturnos,  
14 exposición a pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados,  
15 radiaciones ionizantes y no ionizantes, hasta variables ontogénicas y epigenéticas  
16 (Fenga, 2016), por lo que cada uno de los factores contribuye al desarrollo de  
17 problemas de salud, en alguna proporción, independientemente de su significancia  
18 estadística, y en la mayoría de los casos se carece de información sobre  
19 interacciones sinérgicas.

20 El problema de la normatividad en general, concerniente a los límites de exposición  
21 a las RNI, es que alude casi exclusivamente a los efectos térmicos y a corto plazo,  
22 mientras que la mayoría de los efectos desencadenados por éstas radiaciones, son  
23 independientes de la temperatura y a largo plazo (Abdel-Rassoul et al., 2007;  
24 Balmori, 2006; Buchner & Eger, 2011). Aunado a lo anterior, es necesario continuar  
25 investigando al respecto y reajustar las frecuencias e intensidades en las cuales  
26 opera la industria de telecomunicaciones, ya que en algunos casos los tratamientos  
27 de los problemas asociados a las mismas, suelen ser más costosos que el ingreso  
28 neto que recibe dicha industria (Goldsworthy, 2012).

29 Actualmente, a pesar de toda la evidencia que se ha obtenido experimentalmente,  
30 sigue existiendo discrepancia respecto a los efectos a la salud derivados de la

1 exposición crónica a las RNI, y algunos científicos argumentan que sigue existiendo  
2 desconocimiento respecto a los mecanismos biológicos exactos, así como la falta  
3 de reproductibilidad experimental en animales para que sea aceptada como causal  
4 la relación entre los efectos adversos y las RNI (Ferris et al., 2010). Asimismo, los  
5 organismos internacionales como la OMS y la ICNIRP no reconocen ni formal y  
6 abiertamente el efecto carcinogénico de las RNI y se ha argumentado ampliamente  
7 un conflicto de intereses entre la OMS, la ICNIRP y la industria de  
8 telecomunicaciones (Hardell, 2017). A nivel nacional, México tiene límites  
9 establecidos para CE y CM más bajos que los establecidos por la ICNIRP, sin  
10 embargo, estos límites siguen muy por encima del umbral para desencadenar  
11 efectos adversos a la salud.

## 12 **Conclusiones**

13 Las discrepancias en las conclusiones de los estudios científicos respecto a los  
14 efectos adversos de las RNI en la salud humana se deben a factores de confusión,  
15 sesgos de selección, clasificación errónea, y conflictos de intereses.

16 La exposición diaria, así como las emisiones de RNI deben ser monitoreadas debido  
17 a que continuamente surgen nuevas tecnologías emisoras de RNI de cualquier  
18 categoría.

19 Existe suficiente evidencia respecto a los efectos nocivos de las RNI en la salud  
20 humana, considerando que dichos efectos son acumulativos y se desencadenan  
21 por exposición crónica, es convenientes minimizar el tiempo de exposición a éste  
22 contaminante, en la medida de lo posible, así como tener un enfoque precautorio  
23 respecto a las instalaciones y dispositivos eléctricos, y tecnologías inalámbricas.

24

25

26

## 1 Referencias

- 2 Abdel-Rassoul, G., El-Fateh, A. O., Salem, A. M., Michael, A., Farahat, F. E.-B., M., & Salem, E.  
3 (2007). Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations.  
4 *Neuro Toxicology*, 28(2), 434-440. doi: 10.1016/j.neuro.2006.07.012
- 5 Adey, W. R. (1979). Neurophysiologic effects of radiofrequency and microwave radiation. *Bulletin*  
6 *of the New York Academy of Medicine*, 55(11), 1079-1093.
- 7 Ager, E. A., Schuman, L. M., Wallace, H. M., & Rosenfield, A. B. G., W. H. (1965). An epidemiological  
8 study of childhood leukemia. *Journal of Chronic Diseases*, 18(2), 113-132. doi:  
9 10.1016/0021-9681(65)90096-2
- 10 Ahlbom, A. D., N; Feychting, M; Roman, E; Skinner, J; Dockerty, J; Linet, M; McBride, M; Michaelis,  
11 J; Olsen, J. H; Tynes, T; Verkasalo, P. K. (2000). A pooled analysis of magnetic fields and  
12 childhood leukaemia. *British Journal of Cancer*, 83(5), 692-698. doi: 10.1054/  
13 bjoc.2000.1376
- 14 Azorín, J. (2004). *El sistema internacional de unidades (SI) (1ª ed.)*. México: Innovación Editorial  
15 Lagares.
- 16 Balmori, A. (2006). Efectos de las radiaciones electromagnéticas de la telefonía móvil sobre los  
17 insectos. *Ecosistemas*, 1(1), 1-11.
- 18 Balmori, A. (2009). Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife.  
19 *Pathophysiology*, 16(2009), 191-199. doi: 10.1016/j.pathophys.2009.01.007
- 20 Bayat, M., Hemati, S. S.-E., R., & Shahin-Jafari, A. (2017). Effect of long-term exposure of mice to  
21 900 MHz GSM radiation on experimental cutaneous candidiasis. *Saudi Journal of Biological*  
22 *Sciences*, 24(2017), 907-914. doi: 10.1016/j.sjbs.2015.12.005
- 23 Belyaev, I., Dean, A., Eger, H., Hubmann, G., Jandrisovits, R., Kern, M., . . . Thill, R. (2016).  
24 EUROPEAN EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-  
25 related health problems and illnesses. *Rev Environmental Health*, 31(3), 363-397. doi:  
26 10.1515/reveh-2016-0011
- 27 Belyaev, I. Y. H., L; Protopopova, M; Tamm, C; Malmgren, L. O. G; Presson, B. R. R; Selivanova, G;  
28 Harms-Ringdahl, M. (2005). 915 MHz microwave and 50 Hz magnetic field affect  
29 chromatin conformation and 53BP1 Foci in human lymphocytes from hypersensitive and  
30 healthy persons. *Bioelectromagnetics*, 26(2005), 173-184.
- 31 Buchner, K., & Eger, H. (2011). Changes of clinically important neurotransmitters under the  
32 influence of modulated RF fields - A long term study under real-life conditions. *Umwelt*  
33 *Medizin Gesellschaft*, 24(1), 44-57.
- 34 Cabañas, C. E. M. (2017). La exposición a las radiaciones electromagnéticas de origen tecnológico:  
35 un problema de salud pública mundial. *MedLab*, 9(1), 10-24.
- 36 Calvente, I., Fernandez, M. F., Villalba, J., Olea, N., & Nuñez, M. I. (2010). Exposure to  
37 electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood  
38 leukemia: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 408(2010), 3062-3069.  
39 doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.03.039
- 40 Castillo, M. A., Pérez, D. D., & Almeida, B. E. (1992). Efecto de las radiaciones electromagnéticas no  
41 ionizantes sobre la inmunidad humoral y celular en trabajadores expuestos. *Revista*  
42 *Cubana de Medicina Militar.*, 21(2), 85-92.
- 43 Cobzaru, A. (2015). Electropollution in our urban environment. *Urbanism. Arhitectură Construcții*,  
44 6(2), 51-64.
- 45 Corona, L. C. M., & Oviedo, J. J. A. (2012). *Avances de normatividad internacional en*  
46 *electromagnetismo. Una propuesta para la normatividad en México*. Tesis, UNAM, México.

- 1 Chauhan, P., Verma, H. N., Sisodia, R., & Kesari, K. K. (2017). Microwave radiation (2.45 GHz)-  
2 induced oxidative stress: Whole-body exposure effect on histopathology of Wistar rats.  
3 *Electromagnetic Biology and Medicine*, 36(1), 1-11. doi: 10.3109/15368378.2016.1144063
- 4 Da Silva, D. F. d., Barros, W. R., Almeida, M. d. C. C. d., & Rêgo, M. A. V. (2015). Exposição a  
5 radiações eletromagnéticas não ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos.  
6 *Cadernos de Saúde Pública*, 31, 2110-2126. doi: 10.1590/0102-311X00104114
- 7 Durrant, J., Michaelides, E. B., Rupasinghe, T., Tull, D., Green, M. P., & Jones, T. M. (2015).  
8 Constant illumination reduces circulating melatonin and impairs immune function in the  
9 cricket *Teleogryllus commodus*. *PeerJ*, 3, e1075. doi: 10.7717/peerj.1075
- 10 Esquivel-Rodríguez, L. J., Alvarado, C. R., Mota-Hernández, C. I., & Santos, R. J. R. (2013). Efectos de  
11 la radiación no ionizante emitida por dispositivos inalámbricos. *Revista Visión Electrónica*,  
12 2(7), 155-166.
- 13 Evereart, J., & Bauwens, D. (2007). A Possible Effect of Electromagnetic Radiation from Mobile  
14 Phone Base Stations on the Number of Breeding House Sparrows (*Passer domesticus*).  
15 *Electromagnetic Biology and Medicine*, 26, 63-72. doi: 10.1080/15368370701205693
- 16 Farrell, C. A. (1993). Norma Oficial Mexicana NOM-013-STPS-1993, relativa a las condiciones de  
17 seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generan radiaciones  
18 electromagnéticas no ionizantes. 1-17.
- 19 Fenga, C. (2016). Occupational exposure and risk of breast cancer (Review). *Biomedical reports*,  
20 4(2016), 282-292.
- 21 Ferris, T. J., Ortega, G. J. A., Soldin, O. P., Navarro, C. E. A., Garcia, C. J., & Fuster, S. J. L. (2010).  
22 Efectos en la salud pediátrica de la radiación electromagnética de frecuencias  
23 extremadamente bajas. *Revista Española de Pediatría*, 66(3), 151-161.
- 24 Forgács, Z., Somosy, Z., BKubinyi, G., Bakos, J., Hudák, A., Surján, A., & Thuróczy, G. (2006). Effect  
25 of whole-body 1800 MHz GSM-like microweave exposure on testicular steroidogenesis  
26 and histology in mice. *Reproductive Toxicology*, 22(1), 111-117. doi:  
27 10.1016/j.reprotox.2005.12.003
- 28 Goldsworthy, A. (2012, 2012). Mobile Telecommunication Devices The Biological Effects of Weak  
29 Electromagnetic Fields. *Microwave Radiation and Cell Phones* Consultado Marzo 18 2016,  
30 from  
31 [http://www.bibliotecapleyades.net/scalar\\_tech/esp\\_scalartech\\_cellphonesmicrowave44.](http://www.bibliotecapleyades.net/scalar_tech/esp_scalartech_cellphonesmicrowave44.htm)  
32 [htm](http://www.bibliotecapleyades.net/scalar_tech/esp_scalartech_cellphonesmicrowave44.htm)
- 33 Griffiths, D. J. (1999). *Introduction to Electrodynamics* (3ª ed.). Upper Saddle River, New Jersey:  
34 Prentice Hall.
- 35 Hardell, L. (2017). World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to  
36 crack (Review). *International Journal of Oncology*, 51(2017), 405-413. doi:  
37 10.3892/ijo.2017.4046
- 38 Hardell, L., Koppel, T., Carlberg, M., Ahonen, M., & Hadendahl, L. (2016). Radiofrequency radiation  
39 at Stockholm Central Railway Station in Sweden and some medical aspects on public  
40 exposure to RF fields. *International Journal of Oncology*, 49(4), 1315-1324. doi:  
41 10.3892/ijo.2016.3657
- 42 Hedendahl, L., Carlberg, M., & Hardell, L. (2015). Electromagnetic hypersensitivity - an increasing  
43 challenge to the medical profession. *Reviews on Environmental Health*, 30(4), 209-215.  
44 doi: 10.1515/reveh-2015-0012
- 45 IARC. (2002). *Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-frequency (ELF) Electric and*  
46 *Magnetic Fields* (Vol. 80). Lyon, France: Wolrd Health Organization, International Agency  
47 For Research on Cancer.

- 1 IARC. (2010). Working group on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Painting,  
2 firefighting, and shiftwork. *IARC Monograph Evaluation Carcinogenic Risks*, 98, 9-764.
- 3 IARC. (2011). *Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields* (Vol. 102).  
4 Lyon, France: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer.
- 5 ICNIRP. (2007). *Protecting Workers from Ultraviolet Radiation*. Germany: International Commission  
6 on Non-Ionizing Radiation Protection.
- 7 ICNIRP. (2009). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection statement on the  
8 "guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic  
9 fields (up to 300 GHz)". *Health Physics*, 97(3), 257-258.
- 10 ICNIRP. (2010). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection guidelines for  
11 limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz - 100 kHz). *Health  
12 Physics*, 99(6), 818-836. doi: 10.1097/HP.0b013e3181f06c86
- 13 Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2016). Anteproyecto de disposición Técnica IFT-007-  
14 2016: Límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas  
15 de radiofrecuencia no ionizante en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz. 1-136.
- 16 Kabuto, M., Nitta, H., Yamamoto, S., Yamagushi, N., Akiba, S., Honda, Y., . . . Kubo, O. (2006).  
17 Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: A case-control study of childhood  
18 leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. *International Journal  
19 on Cancer*, 119(2006), 643-650. doi: 10.1002/ijc.21374
- 20 Kelfkens, G. P., M. (2017). Magnetic fields and childhood leukemia; science and policy in the  
21 Netherlands. *European Medical and Biological Engineering Conference & Nordic-Baltic  
22 Conference on Biomedical Engineering and Medical Physics*, 65, 498-501. doi:  
23 10.1007/978-981-10-5122-7\_125
- 24 Khurana, V. G., Hardell, L., Everaert, J., Bortkiewicz, A., Carlberg, M., & Ahonen, M. (2010).  
25 Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations. *International  
26 Journal of Occupational and Environmental Health*, 16(3), 263-267. doi:  
27 10.1179/107735210799160192
- 28 Lebedeva, N. N., Sulimov, A. V., Sulimova, O. P., Kotrovskaya, T. I., & Gailus, T. (2000). Cellular  
29 phone electromagnetic fields effects on bioelectric activity of human brain. *Critical  
30 Reviews in Biomedical Engineering*, 28(1-2), 323-337.
- 31 Loughran, S. P., Wood, A. W., Barton, J. M., Croft, R. J., Thompson, B., & Stough, C. (2005). The  
32 effect of electromagnetic fields emitted by mobile phones on human sleep. *NeuroReport*,  
33 16(17), 1973-1976. doi: 10.1097/01.wnr.0000186593.79705.3c
- 34 Maluckov, B. S. T., V; Alagić, S; Mladenović, S; Pejković, J. T; Radović, M. K. (2014). Measurement of  
35 Extremely Low Frequent Magnetic Induction in Residential Buildings. *International Journal  
36 of Current Research*, 8(3), 583-590.
- 37 Medina, S. C. X., Alulima, F. H. A., & Villao, Q. F. (2014). *Estructuración de un marco regulatorio  
38 apropiado que proteja a los ciudadanos ecuatorianos contra las emisiones nocivas  
39 radioeléctricas*. Bachelor, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- 40 Messiha, H. L., Wongnate, T., Chaiyen, P., Jones, A. R., & Scrutton, N. S. (2015). Magnetic field  
41 effects as a result of the radical pair mechanism are unlikely in redox enzymes. *Journal of  
42 The Royal Society Interface*, 12(103), 1-10. doi: 10.1098/rsif.2014.1155
- 43 Mohler, E., Frei, P., Braun-Fahrländer, C., Fröhlich, J., Neubauer, G., & Rössli, M. (2010). Effects of  
44 everyday radiofrequency electromagnetic-field exposure on sleep quality: a cross-  
45 sectional study. *Radiation Research*, 174(3), 347-356. doi: 10.1667/RR2153.1
- 46 NRL. (2008). *Electric and Magnetic Fields and your Health* (pp. 36p.). New Zeland: Ministry of  
47 Health Manatū Hauora.



- 1 NSC. (2001). Understanding Radiation in Our World (pp. 100p.). Consultado en  
2 <http://www.nsc.org/ehc/rad.htm>
- 3 Parrado, D. C. C. (2008). Contaminación electromagnética: mito o realidad. In B. L. T. Gloria  
4 Amparo Rodríguez, Giovanni Herrera Carrascal (Ed.), *Ciudades ambientalmente sostenibles*  
5 (pp. 360). Bogotá, Colombia: Editorial Universidad del Rosario.
- 6 Paulraj, R., & Behari, J. (2006). Single strand DNA breaks in rat brain cells exposed to microwave  
7 radiation. *Mutation Research*, 592(1), 76-80. doi: 10.1016/j.mrfmmm.2005.12.006
- 8 Persson, B. R. R., Salford, L. G., & Brun, A. (1997). Blood-brain barrier permeability in rats exposed  
9 to electromagnetic fields used in wireless communication. *Wireless Networks*, 3(6). doi:  
10 10.1023/a:1019150510840
- 11 Powell, R. M. (2013). *Biological effects from RF Radiation at low-intensity exposure, based on the*  
12 *Bioinitiative 2012 report, and the implications for smart meters and smart appliances.*  
13 Online.
- 14 Purcell, E. M., & Morin, D. J. (2013). *Electricity and magnetism* (3rd ed.). New York: Cambridge  
15 University Press.
- 16 Richter, E., Berman, T., Ben-Michael, E., Laster, R., & Westin, J. B. (2000). Cancer in radar  
17 technicians exposed to radiofrequency/microwave radiation: sentinel episodes.  
18 *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 6(3), 187-193. doi:  
19 10.1179/oeh.2000.6.3.187
- 20 Saavedra, G. E. P., J. E; Torres, S. N. (2013). *Protocolo para la evaluación de radiaciones no*  
21 *ionizantes emitidas por antenas celulares.* Perú: Congreso de la República.
- 22 Salford, L. G., Brun, A. E., Eberhardt, J. L., Malmgren, L., & Persson, B. R. (2003). Nerve cell damage  
23 in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones.  
24 *Environmental Health Perspectives*, 111(7), 881-883. doi: 10.2307/3435159
- 25 Sastre, A., Graham, C., & Cook, M. R. (2000). Brain frequency magnetic fields alter cardiac  
26 autonomic control mechanisms. *Neurophysiol Clin.*, 111(1), 1942-1948.
- 27 Saunders, S. D. J., J- G. (2007). A neurobiological basis for ELF guidelines. *Health Physics*, 92(6),  
28 596-603. doi: 10.1097/01.HP.0000257856.83294.3e
- 29 Soto-Sumuano, L. R.-C., C; Tlacuilo-Parra, A; Garibaldi-Covarrubias, R; Romo-Rubio, H; Suarez-  
30 Arredondo, M; Arriaga-Davila, J. (2015). *Geographical distribution of childhood acute*  
31 *leukaemia in the metropolitan area of Guadalajara, Mexico and its correlation with the*  
32 *wireless and high voltage network.*
- 33 Spivey, A. (2010). Light Pollution: Light at Night and Breast Cancer Risk Worldwide. *Environmental*  
34 *Health Perspectives*, 118(12), A525-A525.
- 35 Stevens, R. G. (2009). Light-at-night circadian disruption and breast cancer: assessment of existing  
36 evidence. *International Journal of Epidemiology*, 38(4), 963-970.
- 37 Stuchly, M. A. (1979). Interaction of radiofrequency and microwave radiation with living systems.  
38 *Radiation and Environmental Biophysics*, 16(1), 1-14. doi: 10.1007/bf01326892
- 39 Thomas, S., Heinrich, S., von Kries, R., & Radon, K. (2010). Exposure to radio-frequency  
40 electromagnetic fields and behavioral problems in Bavarian children and adolescents.  
41 *European Journal of Epidemiology*, 25(2), 135-141. doi: 10.1007/s10654-009-9408-x
- 42 Velizarov, S., Raskmark, P., & Kwee, S. (1999). The effects of radiofrequency fields on cell  
43 proliferation are non-thermal. *Bioelectrochem Bioenerg*, 48(1999), 177-180.
- 44 Wang, L. F. L., X; Gao, Y. B; Wang, S. M; Zhao, L; Dong, J; Yao, B. W; Xu, X. P; Chang, G. M; Zhou, H.  
45 M; Hu, X. J; Peng, R. Y. (2015). Activation of VEGF/Flk-1-ERK pathway induced blood-brain  
46 barrier injury after microwave exposure. *Molecular Neurobiology*, 52(1), 478-491. doi:  
47 10.1007/s12035-014-8848-9

1 Wertheimer, L., & Leeper, E. (1979). Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J.*  
2 *Epidemiol.*, 109(3), 273-284. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a112681  
3 WHO. (2016). Radiation, Non-Ionizing: Definition, 2016, from  
4 [http://www.who.int/topics/radiation\\_non\\_ionizing/en/](http://www.who.int/topics/radiation_non_ionizing/en/)  
5 Yakymenko, I., Tsybulin, O., Sidorik, E., Henshel, D., Kyrylenko, O., & Kyrylenko, S. (2016). Oxidative  
6 mechanisms of miological activity of low-intensity radiofrequency radiation.  
7 *Electromagnetic Biology and Medicine*, 35(2), 186-202. doi:  
8 10.3109/15368378.2015.1043557  
9 Zhao, M. W., J; Zeng, K; Tong, M; Lee, A. C; Ding, J; Chen, Q. (2016). The reduction in circulating  
10 melatonin level may contribute to the pathogenesis of ovarian cancer: A retrospective  
11 study. *Journal of Cancer*, 7(7), 831-836.

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

## 1 **Capítulo 2**

### 3 **Monitoreo de las emisiones de radiación no ionizante en la zona** 4 **urbana de Xochimilco**

#### 6 **Resumen**

7 La Ciudad de México tiene un ritmo de crecimiento acelerado el cual se ha acentado  
8 particularmente en Xochimilco. Dicho crecimiento conlleva un desarrollo de la  
9 infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones las cuales son la principal fuente  
10 emisora de RNI. Este capítulo tuvo como objetivo estimar la contaminación  
11 electromagnética de radiofrecuencias (RF) y de campos magnéticos (CM) durante  
12 un año, midiendo la intensidad de las RF y CM en puntos clave en una localidad de  
13 Xochimilco, CDMX. Para la medición de RF y CM se utilizó un medidor EXTECH®  
14 EMF450. Los valores de radiación no ionizante (RNI) en el ambiente fueron  
15 comparados con los niveles en los cuales se han reportado afectaciones a los  
16 sistemas biológicos tanto de humanos como animales. Así mismo, los valores se  
17 compararon con los límites establecidos tanto nacional como internacionalmente.  
18 Los valores promedio más altos de CM y de RF en la zona centro fueron de 6.38  $\mu\text{T}$   
19 y 1316  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  respectivamente, mientras que en la zona habitacional fueron de 5.08  
20  $\mu\text{T}$  y 66  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ . Los valores obtenidos durante las mediciones se encuentran por  
21 debajo de los límites permisibles por la normatividad nacional e internacional, sin  
22 embargo, se encuentran por encima del umbral reportado para desencadenar  
23 afecciones a la salud.

#### 24 **Introducción**

25 Cada día la humanidad y todos los seres vivos estamos más expuestos a la  
26 contaminación electromagnética, en particular a la compuesta por radiaciones no  
27 ionizantes (RNI). El rápido desarrollo de la tecnología electrónica y en  
28 telecomunicaciones ha llevado a cambios significativos en la exposición de la  
29 población en general a los campos electromagnéticos (CEM). Actualmente la gente  
30 se expone sin cesar a distintos tipos de campos electromagnéticos generados por

1 teléfonos celulares, torres de comunicación, teléfonos y dispositivos inalámbricos,  
2 internet inalámbrico (Wi-Fi) y líneas de tensión (Mortazavi, 2015). Esta situación es  
3 alarmante, dado que la exposición crónica a las RNI, tanto a las radiofrecuencias  
4 (RF) como a las radiaciones de frecuencia extremadamente baja (FEB), se ha  
5 asociado a efectos adversos a la salud, entre ellos, trastornos del sistema inmune,  
6 arritmias, problemas vasculares, subfertilidad, trastornos depresivos, problemas de  
7 memoria, alteraciones del comportamiento, problemas de aprendizaje y algunos  
8 tipos de cáncer (Bayat et al., 2017; Da Silva et al., 2015; Kelfkens, 2017; Khurana  
9 et al., 2010).

10 La Ciudad de México (CDMX) es una de las megaciudades con mayor ritmo de  
11 crecimiento, acentuado en la zona sur y particularmente en Xochimilco (Wigle,  
12 2010). Dicho crecimiento conlleva a un desarrollo de la infraestructura eléctrica y de  
13 telecomunicaciones, derivada de la demanda energética y de servicios de  
14 comunicación que aumenta significativamente cada año. Esta infraestructura se  
15 encuentra distribuida de manera ubicua en las zonas urbanas y es la principal fuente  
16 emisora de RNI de origen artificial (Khurana et al., 2010). Por lo anterior, el objetivo  
17 de este estudio fue evaluar la contaminación por RNI en una localidad de  
18 Xochimilco, Ciudad de México.

## 19 **Marco Teórico**

### 20 *Contaminación electromagnética*

21 Se considera contaminación electromagnética (electropolución o electrosmog) a  
22 todo tipo de señales irradiadas que pueden dañar a organismos vivos o pueden  
23 afectar procesos naturales importantes en un ecosistema (Cobzaru, 2015).

### 24 *Frecuencias extremadamente bajas*

25 Las radiaciones de frecuencia extremadamente baja (FEB), son usualmente  
26 caracterizadas por su densidad de flujo, la cual se mide en unidades de Tesla (T) o  
27 micro tesla ( $\mu\text{T}$ ). La radiofrecuencia ambiental es caracterizada por su densidad de  
28 potencia y se mide en Watt por metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) (Ahlbom & Feychtig, 2003).

## 1 *Medición de campos eléctricos*

2 Los medidores usados en inspecciones ocupacionales y ambientales de campos  
3 eléctricos comúnmente son pequeños, tanto por conveniencia, como para minimizar  
4 su efecto en el campo eléctrico a medir. Para medir un campo eléctrico no  
5 perturbado también denominado impávido, el medidor se suspende del extremo de  
6 un bastón o trípode no conductor para minimizar la interferencia entre la señal y el  
7 investigador. En un campo eléctrico oscilante, la corriente medida entre dos partes  
8 conductoras aisladas del sensor, es proporcional a la fuerza del campo. La precisión  
9 de las mediciones obtenidas con estos instrumentos, es generalmente alta, excepto  
10 bajo condiciones de humedad o temperatura extremas o inestabilidad en la posición  
11 del medidor (IARC, 2002).

12 Los campos eléctricos (CE) también pueden ser medidos en puntos fijos, es decir,  
13 debajo de líneas de conducción, o por medio de cámaras de laboratorio midiendo la  
14 corriente que se registra en un disco conductor a nivel del suelo (IEEE, 1995).

15 Los medidores de exposición personal, son instrumentos que miden la exposición  
16 de una persona a CE en varios ambientes, por ejemplo en el trabajo, la casa o  
17 inclusive en un trayecto de viaje. No obstante, bajo ciertas circunstancias portar un  
18 medidor en el cuerpo puede perturbar de maneras impredecibles el CE que se  
19 quiere medir. La perturbación del ambiente del campo por el cuerpo impide obtener  
20 un valor absoluto del campo y, en el mejor de los casos, el valor promedio de tales  
21 mediciones refleja el nivel relativo de exposición (IARC, 2002).

## 22 *Medición de campos magnéticos*

23 Los campos magnéticos pueden ser medidos con un medidor de inspección, fijado  
24 en un punto de monitoreo o con un medidor portátil. El medidor mide el voltaje  
25 inducido en un embobinado de cable. Para un CM sinusoidal variable, **B**, de  
26 frecuencia *f*, y el voltaje **V**, inducido en el embobinado está dado por:

27 
$$\mathbf{V} = -2\pi f \mathbf{B}_0 A \cos \omega t$$

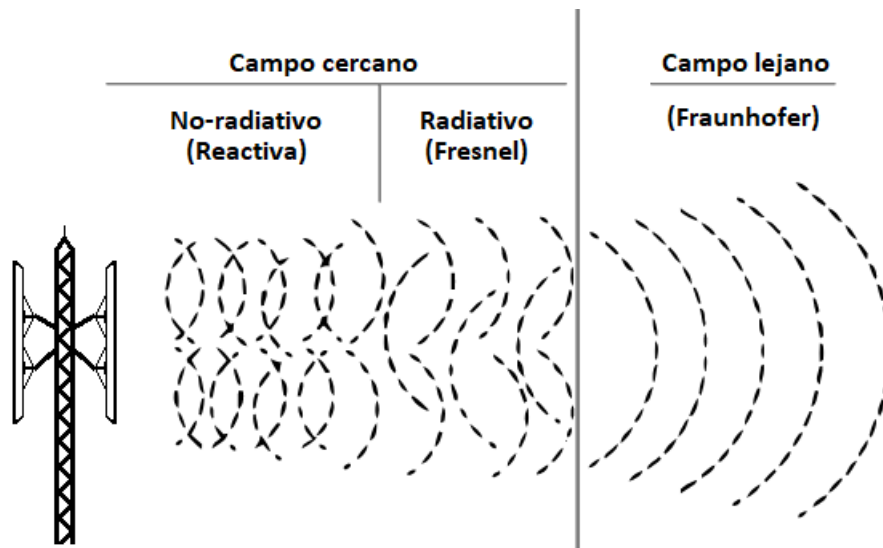
1 donde  $f$  es la frecuencia del campo  $\omega = 2\pi f$ ,  $A$  es el área del circuito,  $\mathbf{B}_0$  es el  
2 componente de  $\mathbf{B}$  perpendicular al circuito y  $t$  es el tiempo (IEEE, 1995).

3 Lo medidores de banda estrecha utilizados para la medición de CM de  
4 infraestructura eléctrica de alta, media y baja tensión, tanto doméstica como  
5 industrial, están convencionalmente calibrados para que a frecuencias entre 50 y 60  
6 Hz, el medidor expuesto a una intensidad determinada, por ejemplo a  $0.1 \mu\text{T}$ , lea  
7 exactamente esa intensidad de campo magnético (IARC, 2002).

### 8 *Medición de radiofrecuencias*

9 La medición de las radiofrecuencias (RF) se puede hacer con un enfoque en el  
10 campo cercano o lejano de las mismas. Un ejemplo de ello son la propagación de  
11 ondas hacia nuestra cabeza entre unos auriculares (manos libres) y la antena de  
12 una estación base de telefonía móvil. En el primer caso se habla del campo cercano,  
13 y en el segundo del espectro lejano. El espacio circundante a una antena puede ser  
14 subdividido en tres regiones definidas por la estructura de su campo: (1) el campo  
15 cercano reactivo; (2) el campo cercano radiante o también denominado Fresnel; en  
16 ambos el campo eléctrico y magnético no tienen sustancialmente un carácter de  
17 plano-onda; (3) el campo lejano o Fraunhofer que puede definirse como el campo  
18 ubicado a varias longitudes de onda de distancia de la fuente emisora (p. ej. una  
19 antena) (Mazar, 2016; Steer, 2009) (**figura 1**).

20



1  
2 **Figura 1.** Representación de la diferencia entre la difracción de las ondas en el campo cercano y en  
3 el campo lejano, cuya fuente emisora en este caso es una antena ubicada del lado izquierdo.

4  
5 La ecuación utilizada para calcular el campo reactivo es:

$$F = \frac{D^2}{4\lambda}$$

6  
7 Donde **F** es el campo cercano **D** es la dimensión más grande de la fuente emisora  
8 (radiador) y  $\lambda$  es la longitud de onda que caracteriza a las regiones. Cuando  $F \geq 1$   
9 se trata de un campo cercano, mientras que si  $F \ll 1$  se habla de un campo lejano  
10 (Mazar, 2016).

11 La medición y evaluación de las RF es sencilla si se cumplen las condiciones del  
12 campo lejano, y tanto las tasas de absorción específica como las densidades de  
13 corrientes inducidas resultantes se encuentran debajo de las correspondientes  
14 restricciones básicas bajo cualquier circunstancia (IARC, 2011; Mazar, 2016).

15 Los medidores modernos operan en la banda de frecuencias de entre 10 MHz a los  
16 6 GHz, tienen un error isotrópico (que no depende de la dirección de la RF a medir)  
17 menor que  $\pm 0.5$  dB y una sensibilidad en el intervalo de 5 a 10  $\mu\text{W/g}$ , así mismo,  
18 estos medidores tienen sensores pequeños de 2.5 mm que permiten gran resolución  
19 espacial y mediciones muy cercanas de los límites materiales (IARC, 2011). En  
20 mediciones de CE, CM y RF, se deben evitar la perturbación del medidor con el

1 cuerpo del investigador; procurar que los puntos de medición sean los más  
2 adecuados y de máxima exposición, es decir, aquellos donde el individuo expuesto  
3 pase el mayor tiempo (IARC, 2002, 2011; IEEE, 1995; Kühn, 2009).

#### 4 *Tasa de absorción específica*

5 Una de las principales herramientas para determinar el “calibre” de las RNI en los  
6 diferentes tipos de tejido del ser humano es la tasa de absorción específica (SAR  
7 por sus siglas en inglés), la cual es el promedio del poder de la RF absorbido por  
8 una unidad de masa de tejido específico. Tanto la fuerza del CE, como la densidad  
9 de poder son parámetros derivados directamente de SAR (Mazar, 2016).  
10 Específicamente, SAR se describe como la transferencia de energía de campos  
11 eléctricos y magnéticos a las partículas cargadas de un cuerpo absorbente y está  
12 dada por la ecuación:

$$13 \quad SAR = \frac{\sigma |\vec{E}|^2}{\rho} \text{ (en W/kg)}$$

14 Dónde  $\sigma$  es la conductividad del tejido,  $\rho$  es la densidad del tejido, y  $\vec{E}$  es el campo  
15 eléctrico del vector (Guraliuc et al., 2017).

#### 16 **Objetivo**

17 Monitorear las emisiones de radiación no ionizante en puntos críticos (escuelas,  
18 hospitales, casas habitación) de la zona urbana de Xochimilco, comparando los  
19 niveles matutinos y vespertinos.

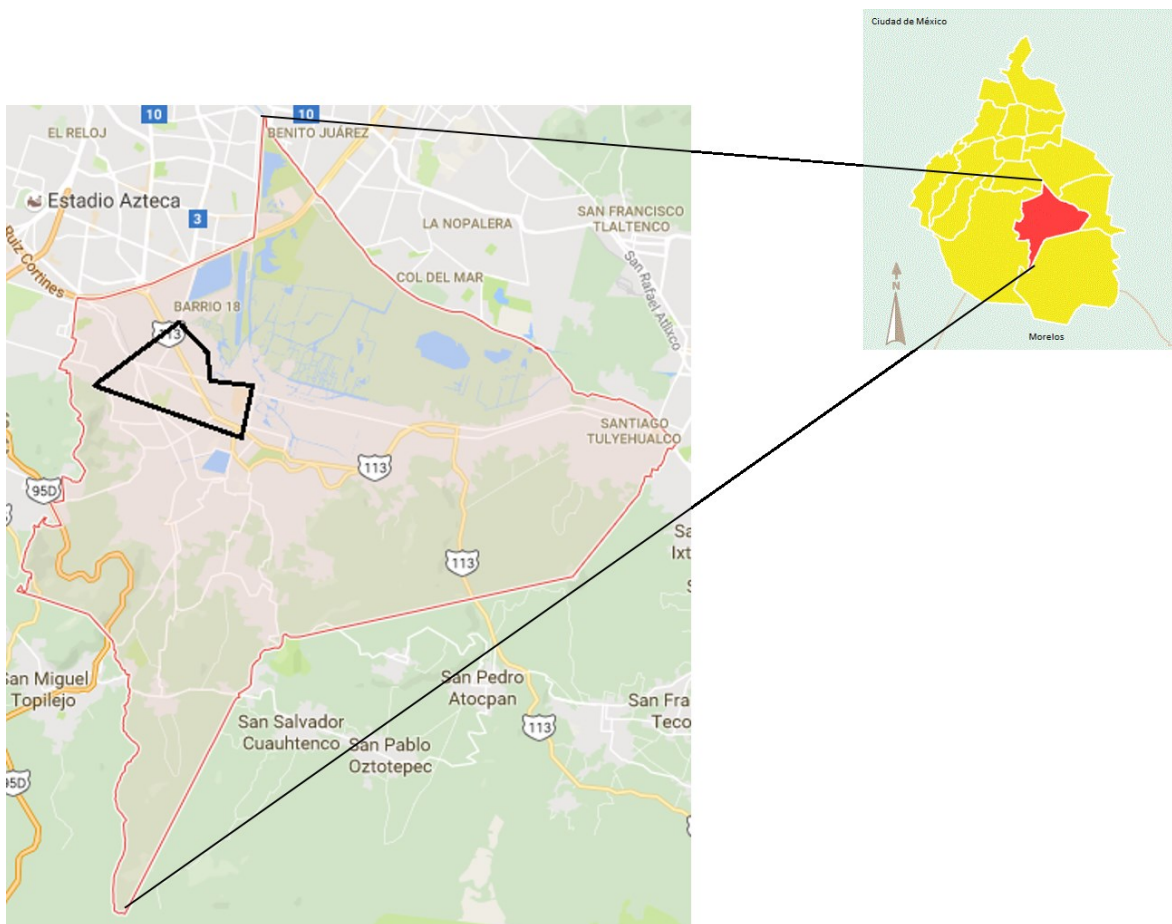
#### 20 **Metodología**

##### 21 *Área de estudio*

22 El polígono del área de estudio (figura 2) se ubica al sur de la Ciudad de México, al  
23 norponiente de la Delegación Xochimilco. Las mediciones se realizaron en dos  
24 zonas. La primera corresponde a una fracción del centro urbano de Xochimilco, y la  
25 otra fue una zona habitacional de la colonia Ampliación Tepepan, específicamente  
26 sobre Avenida de las torres, nombrada así porque la avenida es crizada



- 1 longitudinalmente por líneas de alta tensión y en cada extremo de la avenida se
- 2 ubica una estación base de telecomunicaciones.

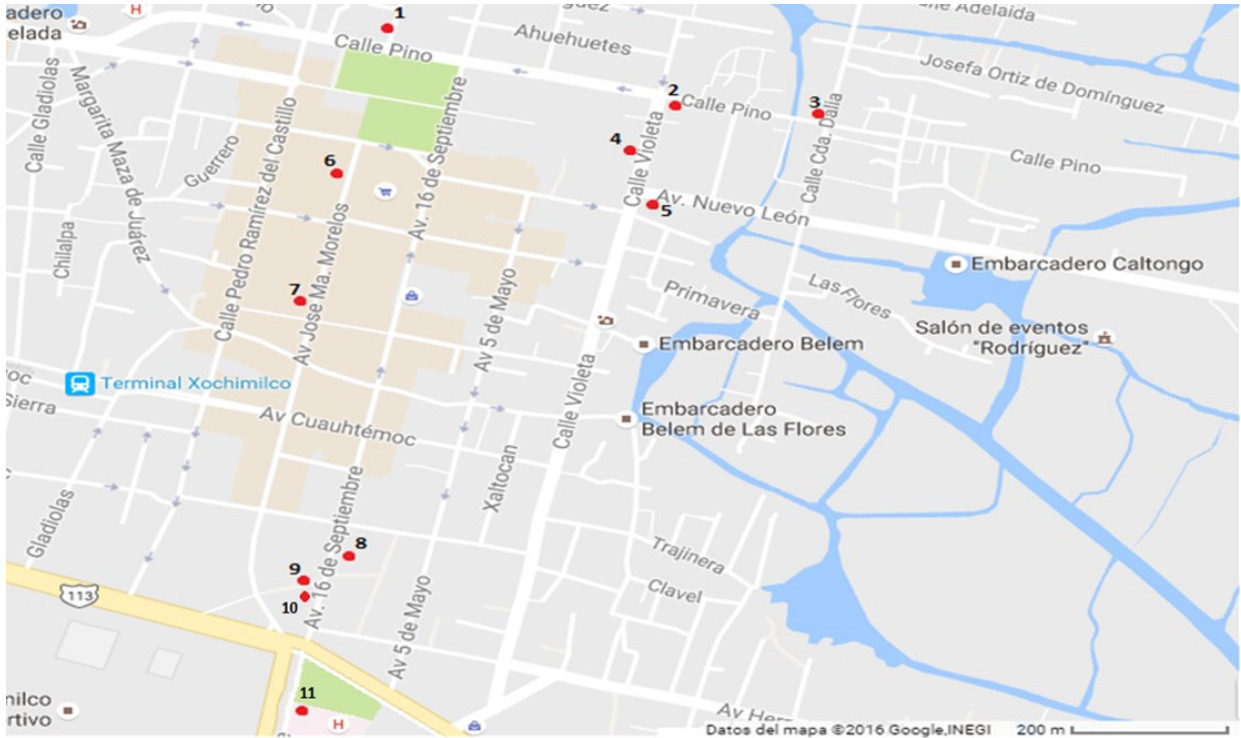


3  
4 **Figura 2.** Polígono del área de estudio dentro de la Delegación (ahora Alcaldía) Xochimilco, CDMX.

5  
6 **Mediciones**

7 Se realizó un recorrido en la zona centro del área urbana de la Delegación  
8 Xochimilco para la selección de puntos críticos, ya sea por la infraestructura que  
9 presentan o por las actividades que se desarrollan en su cercanía escuelas,  
10 hospitales, locales comerciales y casas habitacionales. Las mediciones se  
11 realizaron en los puntos seleccionados (Figura 3 y 4), dos veces al mes durante un  
12 año en horario matutino de 9:30 a 11:30, y vespertino de 19:00 a 21:00 para verificar  
13 sus diferencias. Estas mediciones se realizaron siguiendo los métodos sugeridos  
14 por Kühn (2009), el Instituto de Ingenieros en Eléctricos y Electrónicos, así como los  
15 criterios de la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC, 2002, 2011;

1 IEEE, 1995; Kühn, 2009), que consisten en tomar mediciones en los puntos donde  
2 el individuo pasa la mayor parte del tiempo tanto en el trabajo como en casa, por  
3 ejemplo en dormitorios, sala de estar, escritorio, etc.



4 **Figura 3.** Puntos de muestreo en la zona centro de Xochimilco, CDMX. 1 = Centro de Salud; 2, 3, 4 y  
5 = Negocios; 6 y 7 = Mercados; 8 = Secundaria; 9 = Primaria; 10 = Jardín de niños; 11 = Hospital  
6 infantil.  
7  
8



9 **Figura 4.** Puntos de muestreo en la colonia Ampliación Tepepan, Xochimilco, CDMX. 1 = Aparatos  
10 públicos de ejercicio; 2 = Primaria; 3 = Casa de cultura; 4 = Centro de Yoga; 5 = Casa habitación; 6 =  
11 Juegos infantiles; 7 = Negocio; 8 = Centro de salud.  
12  
13

1 Para medir las radiofrecuencias, así como el campo eléctrico y magnético se utilizó  
2 un medidor Extech® EMF450, cuyo intervalo de medición para radiofrecuencias es  
3 de 50 MHz a 3.5 GHz en intensidades de 0.02  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  a 554.6  $\text{mW}/\text{m}^2$ , e intervalo  
4 de frecuencia de 50 a 60 Hz para intensidades de campo magnético de 0.1 a 20  
5 microteslas ( $\mu\text{T}$ ) y de 1 a 2000 volts por metro (V/m) para el campo eléctrico. Los  
6 análisis estadísticos se realizaron en R versión 3.4.3 (R Development Core Team,  
7 2014) con el paquete de *dunn.test* (Dinno, 2017).

### 8 *Estimación de la tasa de absorción específica*

9 Los valores utilizados para estimar la tasa de absorción específica (SAR) se  
10 obtuvieron de las mediciones realizadas, utilizando la ecuación sugerida por  
11 Guraliuc *et al.* (2017). Los valores utilizados de conductividad eléctrica y densidad  
12 de tejido humano fueron 0.82 S/m y 1040  $\text{kg}/\text{m}^3$  para tejido cerebral; 1.771 S/m y  
13 1060  $\text{kg}/\text{m}^3$  para tejido de corazón; 0.068 S/M y 1850  $\text{kg}/\text{m}^3$  para hueso; 2043 S/m  
14 y 1035  $\text{kg}/\text{m}^3$  para sangre; y 1.184 S/m y 1050  $\text{kg}/\text{m}^3$  para piel (Barber *et al.*, 1970;  
15 Guraliuc *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2017; Zonoori *et al.*, 2015).

### 16 **Resultados**

17 Las mediciones de campo magnético en la zona centro de Xochimilco se muestran  
18 en la tabla 1. El valor promedio máximo de campo magnético registrado durante el  
19 horario matutino fue de 6.38  $\mu\text{T}$  y 5.9  $\mu\text{T}$  en horario vespertino, correspondiente al  
20 mercado 1 y 2 respectivamente. No se registraron emisiones de campo eléctrico en  
21 la zona centro de Xochimilco. Con respecto a radiofrecuencias, los valores promedio  
22 mínimos (13.46 y 19.93  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) se obtuvieron en dos establecimientos comerciales  
23 (“negocios”), mientras que los valores máximos se obtuvieron en la primaria  
24 (1016.03  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) y el hospital infantil con el valor más alto (1316.03  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ).

25

26

27

28

29

30

1 **Tabla 1.** Valores promedio y valores máximos de campo magnético obtenidos de día y de noche; y  
 2 valores de radiofrecuencia en la zona centro de Xochimilco. (ND = No detectado)

Zona centro Sitios	Campo magnético ( $\mu\text{T}$ )				Radiofrecuencia ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )	
	Día prom	Día max	Noche prom	Noche max	Promedio	Max
<b>Mercado 1</b>	2.90	6.38	2.10	4.99	21.1	34.5
<b>Mercado 2</b>	1.66	3.88	2.03	5.90	52.5	155.3
<b>Centro de salud</b>	0.11	0.22	ND	0.84	20.7	26.7
<b>Negocio</b>	0.68	0.86	0.31	1.10	19.9	28.0
<b>Negocio</b>	0.80	4.80	0.23	0.37	23.3	41.1
<b>Negocio</b>	1.20	2.92	1.80	5.10	129.3	254.9
<b>Negocio</b>	1.52	2.15	1.52	2.71	13.5	18.6
<b>Secundaria</b>	0.07	0.18	1.35	1.72	185.0	428.0
<b>Primaria</b>	0.05	0.10	0.26	0.62	1035.2	1962.0
<b>Jardín de niños</b>	0.02	0.03	0.02	0.05	200.2	427.6
<b>Hospital infantil</b>	0.04	0.13	ND	ND	1316.0	2050.0

3  
 4 Las mediciones de campo magnético de los sitios en Ampliación Tepepan se  
 5 muestran en la tabla 2. El valor mínimo promedio de campo magnético fue de 0.14  
 6  $\mu\text{T}$  (casa de cultura) y máximo de 5.08  $\mu\text{T}$  (área de juegos) durante el horario  
 7 matutino, mientras que durante el horario vespertino en el área de juegos se  
 8 registraron los valores promedio y máximos más altos (5.13 y 5.54  $\mu\text{T}$ ).

9 Con respecto a campo eléctrico, solo en los sitios 1 y 6 (aparatos de ejercicio y área  
 10 de juegos respectivamente) se registraron emisiones de valor de moda de 2000  
 11  $\text{V}/\text{m}$ , cuyo valor es el límite máximo del equipo utilizado. En el caso de las  
 12 radiofrecuencias, el valor promedio (18.15  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) se registró en una casa  
 13 habitación, mientras que el valor máximo (111.35  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) se registró en un negocio.

14  
 15  
 16  
 17  
 18  
 19  
 20  
 21  
 22  
 23  
 24

1 **Tabla 2.** Valores promedio y valores máximos de campo magnético durante horario matutino y  
 2 vespertino; y valores de radiofrecuencia en la zona habitacional Ampliación Tepepan (ver el texto  
 3 para la verificación de los sitios).

Zona habitacional Sitios	Campo magnético ( $\mu\text{T}$ )				Radiofrecuencia ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )	
	Día prom	Día max	Noche prom	Noche max	Promedio	Max
Aparatos de ejercicio	3.60	4.36	4.33	5.02	31.4	42.7
Primaria	1.33	1.86	1.36	2.01	43.9	67.0
Casa de cultura	0.14	0.19	0.18	0.35	18.4	19.9
Centro de yoga	0.48	1.10	0.17	0.33	22.3	26.0
Casa habitación	1.65	2.37	1.36	1.91	18.2	49.9
Juegos	4.00	5.08	5.13	5.54	66.1	82.3
Negocio	2.64	3.40	2.46	2.91	63.2	111.4
Centro de salud	1.16	1.36	1.06	1.21	21.7	25.0

5 Tanto en valores promedio como en valores máximos, el análisis estadístico (prueba  
 6 de Kruskal-Wallis) muestra que no hubo diferencia significativa entre las emisiones  
 7 matutinas y las vespertinas, ni en el mismo sitio, ni entre los sitios, tampoco hubo  
 8 diferencias significativas en general con respecto a las mediciones entre la zona  
 9 centro de Xochimilco y Ampliación Tepepan ( $p > 0.05$ ). Cabe señalar que durante  
 10 las mediciones de un punto a otro el medidor se llevó encendido, lo que permitió  
 11 registrar pulsos de hasta  $10000 \mu\text{W}/\text{m}^2$  fuera de los puntos de muestreo.

12 **Tabla 3.** Límites de exposición a RNI de acuerdo a normativas nacionales e internacionales de  
 13 exposición.

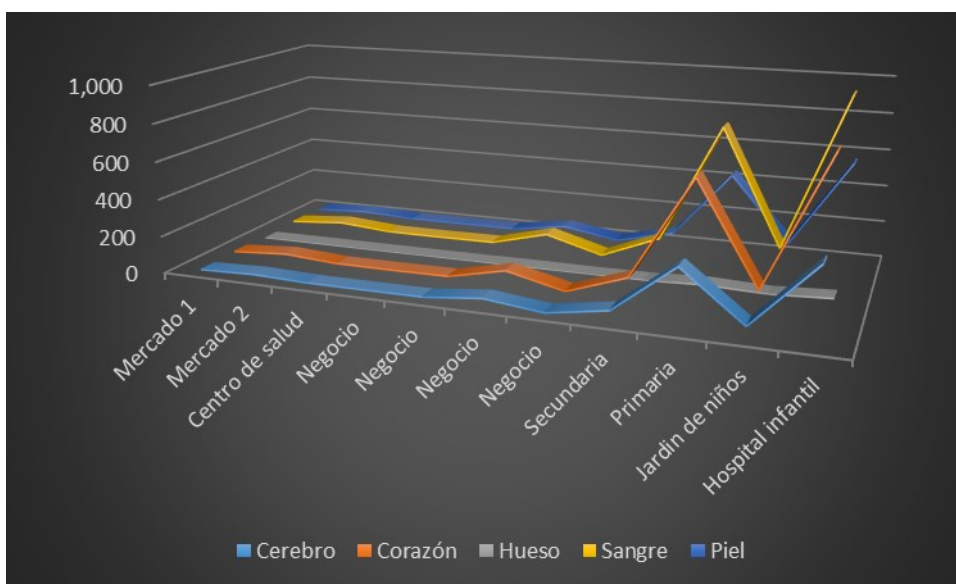
Límites de exposición a RNI de acuerdo con la ICNIRP y la NOM-013						
Laboral						
ICNIRP		México		ICNIRP		México
CE	CM	CE	CM	RF/MO		
25 Hz-300 Hz		-		400 MHz- 2000 MHz	2 GHz-300 GHz	-
(V/m) ( $\mu\text{T}$ )		(V/m) ( $\mu\text{T}$ )		(W/m <sup>2</sup> )		
5000	1000	200	0.6	40	50	100
Población general						
ICNIRP		México		ICNIRP		México
CE	CM			RF/MO		
50 Hz-400Hz		-		400 MHz- 2000 MHz	2 GHz-300 GHz	-
(V/m) ( $\mu\text{T}$ )				(W/m <sup>2</sup> )		
2500	200	-	-	10	10	-

1 **Tabla 4.** Frecuencias y valores umbral de SAR y sus efectos asociados.

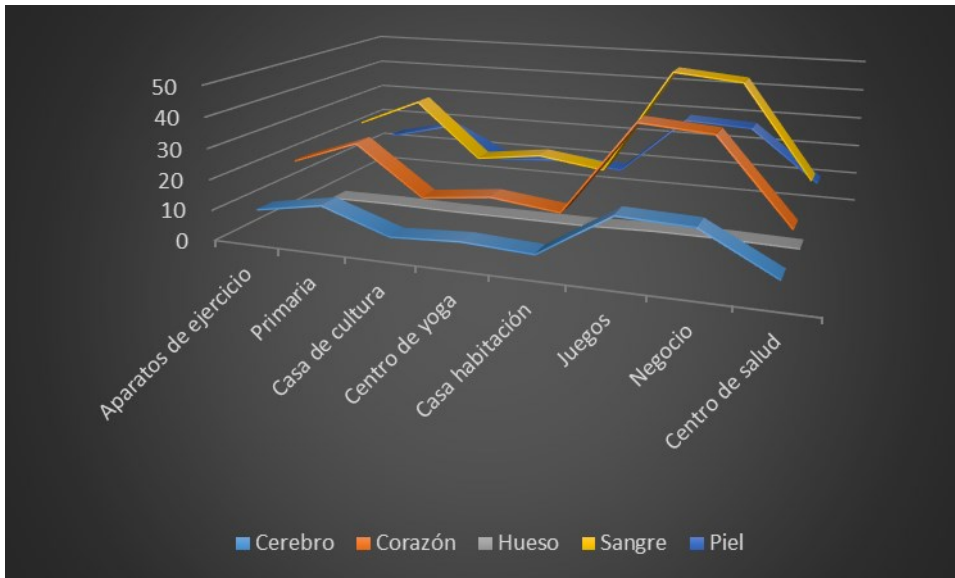
Referencia	Frecuencias (GHz)	Efectos	Cerebro	Corazón	SAR (mW/kg)		
					Hueso	Sangre	Piel
Paulraj & Behari, 2006	2.45	Ruptura de ADN	296.96	629.87	13.86	744.17	425.11
Chauhan <i>et al</i> , 2017	2.45	Producción de radicales libres (e.g. LPOs)	593.93	1259.75	27.71	1488.33	850.22
Bayat <i>et al</i> , 2017	0.9	Prolonga la duración de las infecciones	267.27	566.89	12.47	669.75	382.60
Lebedeva <i>et al</i> , 2000; Mohler <i>et al</i> , 2010	0.3 - 5	Trastornos del sueño	0.03	0.06	0.00	0.07	0.04
Forgács <i>et al</i> , 2006	1.8	Reducción de la fertilidad	59.39	125.97	2.77	148.83	85.02
Persson <i>et al</i> , 1997; Salford <i>et al</i> , 2003	0.9 - 1.8	Tumores cerebrales	2.97	6.30	0.14	7.44	4.25
Velizarov <i>et al</i> , 1999; Richter <i>et al</i> , 2000	500 - 3	Cáncer (no cerebral)	14.85	31.49	0.69	37.21	21.26
Khurana <i>et al</i> , 2010	0.3 - 5	Arritmias, problemas vasculares	0.30	0.63	0.01	0.74	0.43
			<b>SAR (μW/kg)</b>				
Thomas <i>et al</i> , 2010	0.9 - 2.4	Trastornos de comportamiento*	29.70	62.99	1.39	74.42	42.51
Buchner & Eger, 2011	1.8	Trastornos Hormonales	29.70	62.99	1.39	74.42	42.51
Thomas <i>et al</i> , 2010; Hardell <i>et al</i> , 2016	0.9 - 1.8	Trastornos de comportamiento*	0.30	0.63	0.01	0.74	0.43

3 \*Trastornos de sueño, déficit de atención e hiperactividad, problemas emocionales y problemas  
4 de relación entre iguales.

5  
6 Respecto a la tasa de absorción (figuras 5 y 6), el valor promedio general en todos  
7 los puntos de la zona centro, y para todos los tipos de tejido fue de  $1.62 \times 10^{-4}$  W/kg,  
8 con un máximo de  $3.67 \times 10^{-4}$  W/kg (hospital infantil) y un mínimo de  $1.87 \times 10^{-7}$  W/kg  
9 (negocio). En que para la zona habitacional el valor promedio general fue de  
10  $1.87 \times 10^{-5}$  W/kg con un máximo de  $3.94 \times 10^{-5}$  W/kg (juegos infantiles) y un mínimo  
11 de  $2.52 \times 10^{-7}$  W/kg (casa habitación).



12 **Figura 5.** Valores de SAR ( $\mu\text{W}/\text{kg}$ ) por tipo de tejido humano y por sitio de muestreo de la zona  
13 centro de Xochimilco.  
14  
15



1  
2 **Figura 6.** Valores de SAR ( $\mu\text{W}/\text{kg}$ ) por tipo de tejido humano y por sitio de muestreo de la zona  
3 habitacional de Xochimilco.

4  
5 **Discusión**

6 En las primarias, jardín de niños, secundaria y casa habitación, no se tuvo acceso  
7 al interior por lo que las lecturas obtenidas corresponden únicamente al exterior de  
8 dichos puntos.

9 Los valores generales promedio registrados de CM en la presente investigación  
10 fueron de  $0.95 \mu\text{T}$  en la zona centro y  $1.94 \mu\text{T}$  en la zona habitacional, estos son  
11 similares a los valores obtenidos en estudios similares en otras ciudades del mundo,  
12 por ejemplo, en Teherán, Irán (Zazouli et al., 2013). Los valores generales promedio  
13 de RF, fueron menores que los valores obtenidos en estudios similares: por ejemplo  
14  $19800 \mu\text{W}/\text{m}^2$  en Minas Gerais, Brasil (Dode et al., 2011), o  $7900 \mu\text{W}/\text{m}^2$  en Grecia  
15 (Gotsis et al., 2008), pero fueron similares a los obtenidos en Łódź, Polonia,  $1700 \mu\text{W}/\text{m}^2$   
16 (Bortkiewicz et al, 2012), Selbitz, Alemania  $1200 \mu\text{W}/\text{m}^2$  (Eger, 2009), y  
17 Rimbach, Alemania  $76.9 \mu\text{W}/\text{m}^2$  (Buchner & Eger, 2011).

18 Respecto del campo magnético, la mayoría de los valores obtenidos en la zona  
19 habitacional, en horario matutino y vespertino, se encontraron por encima de los  $0.3 \mu\text{T}$ ,  
20 y esto cobra relevancia debido a que la exposición residencial infantil a  
21 intensidades superiores a ésta, se ha relacionada con el desarrollo de distintos tipos  
22 de leucemias agudas (LA) (Ferris et al., 2010; Kelfkens, 2017), particularmente de



1 los tipos linfoblástica y mieloide (Tlacuilo-Parra et al., 2017). En cuatro de los cinco  
2 negocios donde se tomaron lecturas se obtuvieron valores superiores a  $1 \mu\text{T}$ ,  
3 intensidad a la cual se ha reportado que es suficiente para desencadenar trastornos  
4 de sueño (Dyche et al., 2012).

5 Por otro lado, Buchner y Eger (2011) reportan que las RF con intensidades muy  
6 próximas a los  $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$  son suficientes para desencadenar alteraciones en la  
7 secreción de neurotransmisores asociados al estrés como la feniletilamina,  
8 adrenalina, noradrenalina y dopamina.

9 Aunado a lo anterior, en casos más extremos se ha reportado la correlación entre  
10 la recepción a intensidades superiores a  $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$  y los casos de mortalidad por  
11 neoplasia (Dode et al., 2011).

12 Por otra parte, si se considera la tasa de absorción específica (SAR) de  $1 \text{ mW}/\text{kg}$   
13 reportada por autores como Dawe et al., (2006) y Dhami, (2012) los valores  
14 obtenidos en el presente estudio están por debajo del umbral estimado para  
15 desencadenar efectos adversos a la salud. No obstante, al considerar lo reportado  
16 por varios autores (tabla 4), el valor SAR de  $1 \text{ mW}/\text{kg}$  es considerablemente alto  
17 para desencadenar efectos adversos en la salud como se observa en la tabla 4, de  
18 manera que, considerando exclusivamente el valor general SAR promedio estimado  
19 para la zona centro de Xochimilco ( $162 \mu\text{W}/\text{Kg}$ ), los habitantes pueden ser  
20 potencialmente afectados y exhibir los síntomas de trastornos de comportamiento:  
21 alteraciones de sueño, déficit de atención e hiperactividad, problemas emocionales  
22 y problemas de interacción social (Hardell et al., 2016; Thomas et al., 2010), así  
23 como trastornos hormonales (Buchner & Eger, 2011); En la zona habitacional cuyo  
24 valor SAR promedio estimado fue de  $18 \mu\text{W}/\text{Kg}$ , y de acuerdo con éste criterio, se  
25 sugiere que las personas pueden ser afectadas únicamente por trastornos de  
26 comportamiento.

27 Los resultados de este trabajo, sugieren que los pobladores de Xochimilco están en  
28 riesgo potencial de desarrollar algunas de las afecciones vinculadas a la exposición  
29 crónica a la RNI, particularmente problemas de comportamiento que están



1 asociados con la cercanía de menos de 500 metros de las torres de comunicación,  
2 lo que podría estar asociado con la aparición de problemas emocionales, de  
3 conducta, de relacionamiento interpersonal, e incluso con el incremento en el  
4 número de casos de niños diagnosticados con trastornos por déficit de atención e  
5 hiperactividad (TDAH) (Thomas et al., 2010).

6 A pesar de que existen evidencias suficientes de los efectos biológicos de la  
7 exposición crónica a la RNI, sigue existiendo debate alrededor del tema. Aun  
8 cuando algunos países han tomado medidas precautorias al respecto para proteger  
9 a la población de la exposición a las RNI (Dhami, 2012), los límites internacionales  
10 establecidos por la ICNIRP (Tabla 3) siguen estando muy por encima del umbral  
11 asociado a efectos adversos (Tabla 4; y Tabla 1 cap. 1).

12 Actualmente en México no existe normatividad respecto a los límites de exposición  
13 a las RNI para la población en general, aunque en la Ley General del Equilibrio  
14 Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) menciona que son facultades de  
15 la Federación, los estados y municipios la regulación, prevención y control de las  
16 emisiones por radiaciones electromagnéticas (Ley General del Equilibrio Ecológico  
17 y la Protección al Ambiente, 2012). Solo se cuenta con la NOM-013-STPS-1993,  
18 que únicamente se aplica a la planeación, organización y funcionamiento de los  
19 centros de trabajo en donde se generan radiaciones electromagnéticas no  
20 ionizantes. Por ello es necesario -y se recomienda el desarrollo y la aplicación de  
21 una norma legal sobre la exposición de la población en general a las RNI,  
22 considerando los valores umbrales reportados y asociados con efectos adversos en  
23 la salud por exposición crónica, independientemente de la normatividad  
24 internacional.

## 25 **Conclusiones**

26 Los valores de RNI obtenidos en las mediciones de campo son lo suficientemente  
27 altas como para desencadenar síntomas como: anomia, dificultad para  
28 concentrarse, problemas de memoria, aprendizaje y comportamiento, así como  
29 trastornos del sueño y alteraciones del sistema inmune; también se les relaciona  
30 con afecciones severas como la leucemia infantil aguda, a pesar de lo anterior, se

1 encuentran por debajo de los límites permisibles por la ICNIRP, por lo cual se  
2 recomienda la aplicación de una norma legal exclusiva para México e  
3 independientemente de la normatividad internacional

4 Dentro de la población existen grupos más vulnerables (niños y adolescentes),  
5 susceptibles a problemas específicos (problemas de comportamiento y leucemia  
6 infantil aguda) y es justo en las localidades donde se concentran estos grupos  
7 poblacionales en donde se encontraron los valores de exposición más altos (juegos,  
8 primarias, hospital infantil) por lo que hay que generar acciones para minimizar su  
9 exposición a las RNI.

10 Es necesario continuar las investigaciones concernientes a los efectos de las RNI  
11 en la salud, así como monitorear continuamente sus emisiones para evitar  
12 problemas de salud como el desarrollo de neoplasias o leucemia infantil aguda.

13 Finalmente, se recomienda aplicar el principio precautorio ante este problema de  
14 salud pública, considerando que existen otros problemas de contaminación de  
15 distintos orígenes que pueden interactuar sinérgicamente con las RNI en la  
16 generación de efectos adversos a la salud.

## 17 **Referencias**

- 18 Ahlbom, A., & Feychtig, M. (2003). Electromagnetic radiation: Environmental pollution and health.  
19 *British Medical Bulletin*, 68(1), 157-165. doi: 10.1093/bmb/ldg030
- 20 Barber, T. W., Brockway, J. A., & Higgins, L. S. (1970). The density of tissues in and about the head.  
21 *Acta Neurologica Scandinavica*, 46(1), 85-92. doi: 10.1111/j.1600-0404.1970.tb05606.x
- 22 Bayat, M., Hemati, S. S.-E., R., & Shahin-Jafari, A. (2017). Effect of long-term exposure of mice to  
23 900 MHz GSM radiation on experimental cutaneous candidiasis. *Saudi Journal of Biological*  
24 *Sciences*, 24(2017), 907-914. doi: 10.1016/j.sjbs.2015.12.005
- 25 Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Szyjkowska, A., Politański, P., Mamrot, P., Szymczak, W., & Zmyślony,  
26 M. (2012). Subjective complaints of people living near mobile phone base stations in  
27 Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 25(1),  
28 31-40. doi: 10.2478/s13382-012-0007-9
- 29 Buchner, K., & Eger, H. (2011). Changes of clinically important neurotransmitters under the  
30 influence of modulated RF fields - A long term study under real-life conditions. *Umwelt*  
31 *Medizin Gesellschaft*, 24(1), 44-57.
- 32 Cobzaru, A. (2015). Electropollution in our urban environment. *Urbanism. Arhitectură Construcții*,  
33 6(2), 51-64.
- 34 Chauhan, P., Verma, H. N., Sisodia, R., & Kesari, K. K. (2017). Microwave radiation (2.45 GHz)-  
35 induced oxidative stress: Whole-body exposure effect on histopathology of Wistar rats.  
36 *Electromagnetic Biology and Medicine*, 36(1), 1-11. doi: 10.3109/15368378.2016.1144063

- 1 Da Silva, D. F. d., Barros, W. R., Almeida, M. d. C. C. d., & Rêgo, M. A. V. (2015). Exposição a  
2 radiações eletromagnéticas não ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos.  
3 *Cadernos de Saúde Pública*, 31, 2110-2126. doi: 10.1590/0102-311X00104114
- 4 Dawe, A. S., Smith, B., Thomas, D. W., Greedy, S., Vasic, N., Gregory, A., . . . de Pomenari, D. I.  
5 (2006). A small temperature rise may contribute towards the apparent induction by  
6 microwaves of heat-shock gene expression in the nematode *Caenorhabditis elegans*.  
7 *Bioelectromagnetics*, 27(2), 88-97. doi: 10.1002/bem.20192
- 8 Dhami, A. K. (2012). Study of electromagnetic radiation pollution in an Indian city. *Environ Monit*  
9 *Assess*, 184(11), 6507-6512. doi: 10.1007/s10661-011-2436-5
- 10 Dinno, A. (2017). Dunn's test of multiple comparisons using rank sums (Version 1.3.5).
- 11 Dode, A. C., Leão, M. M. D., Tejo, F. A. F., Gomes, A. C. R., Dode, D. C., Dode, M. C., Caiaffa, W. T.  
12 (2011). Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte  
13 municipality, Minas Gerais state, Brazil. *Science of the Total Environment*, 409(2011), 3649-  
14 3665. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.05.051
- 15 Dyche, J., Anch, A. M., Fogler, K. A. J., Barnett, D. W., & Thomas, C. (2012). Effects of power  
16 frequency electromagnetic fields on melatonin and sleep in the rat. *Emerging Health*  
17 *Threats*, 5(1), 1-8. doi: 10.3402/ehth.v5i0.10904
- 18 Eger, H. J., M. (2009). Specific health symptoms and cell phone radiation in Selbitz (Bavaria,  
19 Germany)-Evidence of a dose-response relationship. *Umwelt Medizin Gesellschaft*, 23(2).
- 20 Ferris, T. J., Ortega, G. J. A., Soldin, O. P., Navarro, C. E. A., Garcia, C. J., & Fuster, S. J. L. (2010).  
21 Efectos en la salud pediátrica de la radiación electromagnética de frecuencias  
22 extremadamente bajas. *Revista Española de Pediatría*, 66(3), 151-161.
- 23 Forgács, Z., Somosy, Z., BKubinyi, G., Bakos, J., Hudák, A., Surján, A., & Thuróczy, G. (2006). Effect  
24 of whole-body 1800 MHz GSM-like microwave exposure on testicular steroidogenesis and  
25 histology in mice. *Reproductive Toxicology*, 22(1), 111-117. doi:  
26 10.1016/j.reprotox.2005.12.003
- 27 Gotsis, A., Papanikolaou, N., Komnakos, D., Yalofas, A., & Constantinou, P. (2008). Non-ionizing  
28 electromagnetic radiation monitorin in Greece. *Annales of Telecommunications*, 2008(63),  
29 109-123. doi: 10.1007/s12243-007-0006-1
- 30 Guraliuc, A. R., Zhadobov, M., Sauleau, R., Marnat, L., & Dussopt, L. (2017). Near-field user  
31 exposure in forthcoming 5G scenarios in the 60 GHz band. *IEEE Transactions on Antennas*  
32 *and Propagation*, 65(12), 6606-6615. doi: 10.1109/TAP.2017.2754473
- 33 Hardell, L., Koppel, T., Carlberg, M., Ahonen, M., & Hadendahl, L. (2016). Radiofrequency radiation  
34 at Stockholm Central Railway Station in Sweden and some medical aspects on public  
35 exposure to RF fields. *International Journal of Oncology*, 49(4), 1315-1324. doi:  
36 10.3892/ijo.2016.3657
- 37 Huang, Y., Liu, A. A., Lafon, B., Friedman, D., Dayan, M., Wang, X., Parra, L. C. (2017).  
38 Measurements and models of electric fields in the *in vivo* human brain during transcranial  
39 electric stimulation. *Brain Stimulation*, 6(2017), 1-27. doi: 10.7554/eLife.18834
- 40 IARC. (2002). *Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-frequency (ELF) Electric and*  
41 *Magnetic Fields* (Vol. 80). Lyon, Francia: World Health Organization, International Agency  
42 For Research on Cancer.
- 43 IARC. (2011). *Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields* (Vol. 102).  
44 Lyon, France: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer.
- 45 IEEE. (1995). Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic  
46 fields from AC power lines I. The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.)  
47 doi:10.1109/IEEESTD.1995.122621

- 1 Kelfkens, G. P., M. (2017). Magnetic fields and childhood leukemia; science and policy in the  
2 Netherlands. *European Medical and Biological Engineering Conference & Nordic-Baltic*  
3 *Conference on Biomedical Engineering and Medical Physics*, 65, 498-501. doi:  
4 10.1007/978-981-10-5122-7\_125
- 5 Khurana, V. G., Hardell, L., Everaert, J., Bortkiewicz, A., Carlberg, M., & Ahonen, M. (2010).  
6 Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations. *International*  
7 *Journal of Occupational and Environmental Health*, 16(3), 263-267. doi:  
8 10.1179/107735210799160192
- 9 Kühn, S. (2009). *EMF Risk assessment: Exposure assessment and compliance testing in complex*  
10 *environments*. Doctor of Sciences (Tesis), Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- 11 Lebedeva, N. N., Sulimov, A. V., Sulimova, O. P., Kotrovskaya, T. I., & Gailus, T. (2000). Cellular  
12 phone electromagnetic fields effects on bioelectric activity of human brain. *Critical*  
13 *Reviews in Biomedical Engineering*, 28(1-2), 323-337.
- 14 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (2012). *Gaceta Ecológica*, 54, 1-  
15 114. Consultado en:  
16 <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>
- 17 Mazar, H. (2016). Radio spectrum management polices, regulations and techniques. John Wiley &  
18 Sonds (Ed). Reino Unido (pp. 451).
- 19 Mohler, E., Frei, P., Braun-Fahrländer, C., Fröhlich, J., Neubauer, G., & Rössli, M. (2010). Effects of  
20 everyday radiofrequency electromagnetic-field exposure on sleep quality: a cross-  
21 sectional study. *Radiation Research*, 174(3), 347-356. doi: 10.1667/RR2153.1
- 22 Mortazavi, S. M. J. R., S; Talebi, A; Soleimani, A; Rafati, A. (2015). Survey of the effects of exposure  
23 to 900 MHz radiofrequency radiation emitted by a GSM mobile phone on the pattern of  
24 muscle contractions in an animal model. *Journal of Biomedical Physics & Engineering*, 5(3),  
25 121-132.
- 26 Paulraj, R., & Behari, J. (2006). Single strand DNA breaks in rat brain cells exposed to microweave  
27 radiation. *Mutation Research*, 592(1), 76-80. doi: 10.1016/j.mrfmmm.2005.12.006
- 28 R Development Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing  
29 (Version 3.4.3). Vienna, Austria: R Foundation for statistical computing. Obtenido de  
30 <https://www.r-project.org/>
- 31 Richter, E., Berman, T., Ben-Michael, E., Laster, R., & Westin, J. B. (2000). Cancer in radar  
32 technicians exposed to radiofrequency/microwave radiation: sentinel episodes.  
33 *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 6(3), 187-193. doi:  
34 10.1179/oeh.2000.6.3.187
- 35 Salford, L. G., Brun, A. E., Eberhardt, J. L., Malmgren, L., & Persson, B. R. (2003). Nerve cell damage  
36 in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones.  
37 *Environmental Health Perspectives*, 111(7), 881-883. doi: 10.2307/3435159
- 38 Steer, M. (2009). Microwave and RF design – A systems approach D. R. Kay (Ed.) (pp. 979).
- 39 Thomas, S., Heinrich, S., von Kries, R., & Radon, K. (2010). Exposure to radio-frequency  
40 electromagnetic fields and behavioral problems in Bavarian children and adolescents.  
41 *European Journal of Epidemiology*, 25(2), 135-141. doi: 10.1007/s10654-009-9408-x
- 42 Tlacuilo-Parra, A., Garibaldi-Covarrubias, R., Romo-Rubio, H., Soto-Sumuano, L., Ruiz-Chávez, C. F.,  
43 Suárez-Arredondo, M., Gallegos-Castorena, S. (2017). Geographical distribution and  
44 cluster detection of childhood leukemia in the metropolitan area of Guadalajara, Mexico.  
45 *Revista de Investigación Clínica*, 69(2017), 159-165.
- 46 Velizarov, S., Raskmark, P., & Kwee, S. (1999). The effects of radiofrequency fields on cell  
47 proliferation are non-thermal. *Bioelectrochem Bioenerg*, 48(1999), 177-180.

1 Wigle, J. (2010). The "Xochimilco model" for managing irregular settlements in conservation land  
2 in Mexico City. *Cities*, 27(2010), 337-347. doi: 10.1016/j.cities.2010.04.003  
3 Zazouli, N. A., Monazzam, M. R., Yazdani, C. J., & Hosseinzadeh, F. (2013). Evaluation of extremely  
4 low-frequency magnetic field (ELF) at Tehran City. *Journal of Mazandaran University of*  
5 *Medical Sciences*, 22(2), 146-151.  
6 Zonoori, S. I., Makki, S. V., & Torabi, A. (2015). The effect on a human heart model from dipole  
7 antenna, with and without shield on SAR and temperature increase. *The Applied*  
8 *Computational Electromagnetics Society Journal*, 30(11), 1188-1193.

9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28

# 1 **Capítulo 3**

2

## 3 **Determinación de la presencia del cuadro sintomatológico** 4 **asociado a la exposición crónica a radiación no ionizante mediante** 5 **encuestas.**

6

### 7 **Resumen**

8 Uno de los contaminantes en el ambiente de mayor alcance y proliferación es la  
9 RNI. Entre las afecciones que se han reportado como asociadas a ésta se  
10 encuentran: fatiga, problemas de sueño, memoria, irritabilidad, trastornos  
11 hormonales y de comportamiento. En éste capítulo se evalúa mediante encuestas  
12 la presencia del cuadro sintomatológico asociado a la exposición crónica a radiación  
13 no ionizante en una localidad de Xochimilco. Se realizaron 127 encuestas en la  
14 localidad de Xochimilco para determinar la presencia del cuadro sintomatológico  
15 asociado a exposición crónica a RNI. Los síntomas más frecuentes fueron fatiga  
16 (69%), anomia (65%), pérdida de memoria a corto plazo (50%), irritabilidad (49%),  
17 y problemas de concentración (45%). Los síntomas menos abundantes fueron dolor  
18 en el pecho (14%), hormigueo facial (13%) y pérdida de libido (8%). La frecuencia  
19 de algunos síntomas varió respecto a grupos de género, edad y tiempo de  
20 exposición. Los resultados obtenidos muestran que hay grupos de género edad o  
21 tiempo de exposición dentro de una población que son más susceptibles,  
22 considerando que los efectos a la salud por RNI pueden tener una relación no lineal.

### 23 **Introducción**

24 El estilo de vida actual en la mayoría de los países demanda el uso de dispositivos  
25 e infraestructura inalámbrica para satisfacer la demanda energética y la de  
26 telecomunicación; no obstante, esta tecnología trae consigo radiaciones no  
27 ionizantes (RNI) que representan amenazas a la salud humana y del ambiente y se  
28 ha convertido en uno de los contaminantes en el ambiente de mayor proliferación y  
29 alcance es la RNI, particularmente las radiofrecuencias, y a escala global algunos  
30 lo consideran aún mayor que la contaminación química (Akintonwa et al., 2008).  
31 Entre las afecciones que se han reportado por la exposición a microondas y

1 radiofrecuencias se encuentran trastornos de salud no específicos como: fatiga,  
2 problemas de sueño y memoria, irritabilidad (Santini et al., 2003; Santini et al., 2002;  
3 Thomas et al., 2010), así como trastornos hormonales y de comportamiento (tabla  
4 1, cap. 1) (Buchner & Eger, 2011; Hardell et al., 2016).

5 En plena segunda década del siglo XXI la relación entre la exposición a RNI y la  
6 creciente incidencia de problemas de salud sigue siendo un tema controversial, a  
7 pesar de que desde la década de los 70 del siglo pasado ya existían estudios al  
8 respecto (Cabañas, 2018; Da Silva et al., 2015), por lo que son necesarios más  
9 estudios que aborden este tema particularmente en lo relacionado con la población  
10 humana que se encuentra bajo condiciones reales de exposición crónica.

## 11 **Marco teórico**

### 12 *Síntomas no específicos asociados a la exposición crónica a RNI*

13 La correlación entre las RNI y algunos efectos no térmicos a la salud se conoce  
14 desde antes de mediados del siglo pasado. En la década de 1930 en el caso del  
15 campo magnético (CM), de acuerdo con Milham y Ossiander (2001) se observaron  
16 picos en la incidencia de leucemia infantil en los estados de mayor infraestructura  
17 eléctrica en el Reino Unido y en Estados Unidos (Milham & Ossiander, 2001). Por  
18 otra parte, los efectos de las RNI por radiofrecuencias (RF) fueron descritos por  
19 primera vez por científicos soviéticos (Santini et al., 2002). Sin embargo, la  
20 interrogante respecto a si exclusivamente existían efectos térmicos data de 1920, y  
21 en esa misma década, en Francia se descubrió que existían efectos denominados,  
22 *no térmicos o efectos específicos* (Cook et al., 1980). Actualmente, se considera  
23 otro tipo de síntomas asociados a exposición crónica a RNI de RF que son  
24 considerados y forman parte en estudios que se realizan mediante encuestas,  
25 entrevistas y campamentos médicos. Se les conoce como *síntomas no específicos*:  
26 dolor de cabeza, cansancio crónico (o fatiga crónica), palpitaciones en el pecho,  
27 trastornos de sueño, problemas de memoria, así como mareos y dificultad para  
28 concentrarse (Akintonwa et al., 2008; Da Silva et al., 2015; Santini et al., 2002).  
29 También se han reportado síntomas de categoría psiquiátrica como: pérdida de  
30 libido, depresión, irritabilidad y ansiedad (Da Silva et al., 2015; Santini et al., 2002).

## 1 *Síntomas específicos asociados a la exposición crónica a RNI de RF*

2 En casos particulares, se han reportado *síntomas específicos*, aunque aún no están  
3 bien explorados los mecanismos por los cuales se desencadenan. Algunos  
4 ejemplos de estos síntomas son: *dermografía*, es decir, líneas de color rojo en la  
5 piel con hinchazón leve y, en algunos casos, ronchas similares a la urticaria,  
6 tumores, alteraciones hematológicas (problemas de baja presión sanguínea),  
7 alteraciones cardiovasculares, particularmente arritmia cardíaca (bradicardia)  
8 (Guerrero & Pérez, 2006; Santini et al., 2002)

9 Por otra parte, explorar los efectos de las RNI en la salud humana no es sencillo, ya  
10 que existen las normas de bioética internacionales y las adoptadas por cada país y  
11 las normas de bioética derivadas de los tribunales de la Segunda Guerra Mundial  
12 (Nuernberg Military Tribunals, 1949), en las cuales está estipulado que se tiene que  
13 informar detalladamente a cada voluntario acerca de la exposición, en este caso, a  
14 la RNI determinada lo cual puede desencadenar un efecto *nocebo* y estrés por  
15 autosugestión en dichos voluntarios (Klaps et al., 2016), y que mermaría  
16 notablemente la fiabilidad del estudio en cuestión. Por ello, se ha recurrido  
17 frecuentemente a la valoración de la presencia de síntomas o cuadros  
18 sintomatológicos asociados a la exposición crónica a RNI mediante encuestas, que  
19 son formuladas meticulosamente con criterios específicos, y en las cuales se  
20 consideran los síntomas asociados a la exposición crónica a RNI ya mencionados,  
21 además de algunos hábitos de la persona encuestada.

## 22 *La encuesta*

23 La encuesta es una de las técnicas de investigación social más utilizadas y es  
24 también una técnica de investigación científica, para la producción y recolección de  
25 información en la que se involucran de forma coordinada múltiples técnicas y etapas  
26 del proceso de investigación para generar información de calidad (López-Roldán &  
27 Fachelli, 2015).

28



1 Existen dos tipos principales de encuestas, las de preguntas cerradas que se  
2 responden por ejemplo con sí o no, y las preguntas abiertas en las que se responden  
3 con más información. Las encuestas se pueden realizar de manera presencial (cara  
4 a cara), por correo tradicional o electrónico, y por teléfono (Russell, 2006).

#### 5 *Tamaño óptimo de muestra*

6 De acuerdo con Russell (2006) y Liedo (2009), el tamaño óptimo de muestra de una  
7 población desconocida se calcula mediante la fórmula:

$$8 \quad n = \frac{Z^2 pq}{d^2}$$

9 donde  $n$  es el tamaño de la muestra;  $Z$  es el intervalo de confianza, es decir, el valor  
10 estandarizado para una distribución normal unitaria, en función del grado de la  
11 muestra calculada, considerando el grado de confiabilidad más usado (95%) cuyo  
12 valor estandarizado corresponde a 1.96;  $p$  es la probabilidad de la característica en  
13 estudio en la población. Si no se tiene idea del tamaño de la población se utiliza el  
14 valor de  $p = 0.5$  (50%) el cual maximiza el tamaño muestral;  $q$  es igual a  $1 - p$  y  
15 representa la probabilidad de que la población no presente la característica en  
16 cuestión; y  $d$  es la precisión convencional establecida por el investigador como el  
17 error máximo admisible en términos de proporción (Liedo, 2009; Russell, 2006).

#### 18 **Objetivo**

19 Evaluar mediante encuestas la presencia del cuadro sintomatológico asociado a la  
20 exposición crónica a radiación no ionizante en una localidad de Xochimilco.

#### 21 **Metodología**

22 Se realizaron encuestas presenciales a 127 personas en la delegación Xochimilco,  
23 Ciudad de México, al mismo tiempo que se realizaron mediciones del campo  
24 magnético y radiofrecuencias en la vivienda o espacio de trabajo donde pasaran  
25 ocho horas o más, por más de 5 días a la semana. La primera parte de las encuestas  
26 consistió en datos sociodemográficos, y una exploración del conocimiento que  
27 tenían los encuestados acerca del tema, mientras que en la segunda parte se les  
28 preguntó por la presencia de algunos de los síntomas asociados a la exposición

1 crónica de RNI, conforme los criterios de Santini et al (2002, 2003), Oberfeld et al  
 2 (2004), Akintonwa et al (2008) y Da Silva et al (2015).

3 Los síntomas considerados fueron: anomia, fatiga crónica, ansiedad, pérdida de  
 4 apetito, depresión, dificultad para concentrarse, mareos espontáneos, dolor en el  
 5 pecho, hormigueo facial, irritabilidad, dificultad para dormir, malestar, pérdida de  
 6 memoria a corto plazo, dolor en las articulaciones y pérdida de libido.  
 7 Posteriormente, los datos obtenidos fueron procesados en una base de datos y se  
 8 realizaron pruebas estadísticas en R versión 3.4.3 (R Development Core Team,  
 9 2014) con el paquete dunn.test (Dinno, 2017).

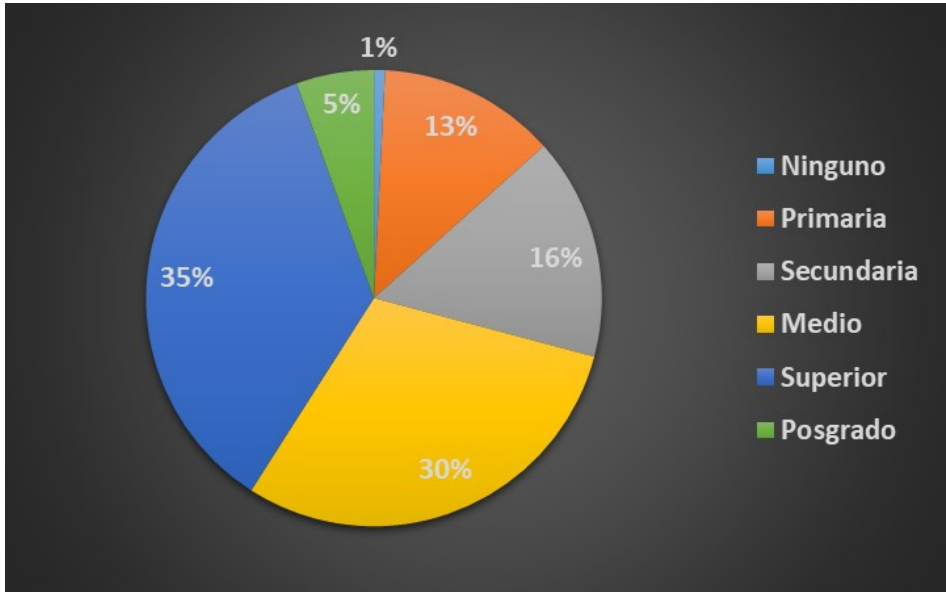
## 10 **Resultados**

11 Los datos sociodemográficos de los encuestados se muestran en la tabla 1. Más  
 12 del 40% de los encuestados tenía entre los 20 y 40 años de edad. El 65% de las  
 13 personas encuestadas fueron mujeres. Todos los encuestados llevaban más de un  
 14 año viviendo en la zona, en promedio pasan 14 horas al día por 6.5 días a la semana  
 15 en el lugar donde se tomó la encuesta se efectuó la respectiva lectura de campo  
 16 magnético y radiofrecuencia. El nivel de estudios de los encuestados se muestra en  
 17 la figura 1, donde el 30% de los individuos contaba con educación media superior y  
 18 el 35% contaba con educación superior. Una proporción de 72% deja el modem (Wi-  
 19 Fi) encendido durante la noche mientras que 10% de los encuestados no tiene  
 20 modem. Así mismo, 58% manifestó múltiples síntomas y solo el 5% no manifestó  
 21 síntomas.

22 **Tabla 1.** Datos sociodemográficos de las personas encuestadas en.

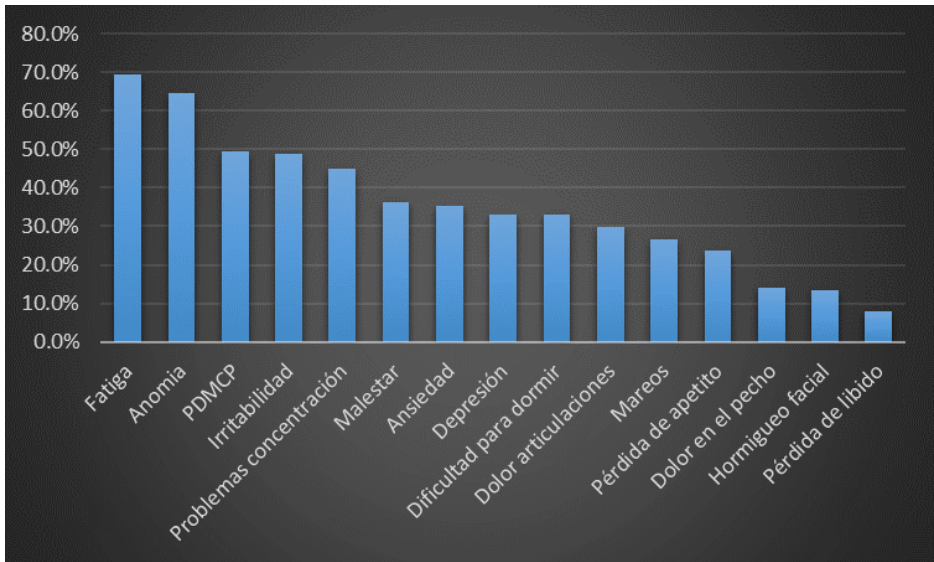
Edad		Viviendo en		Género	RNI	
Intervalo	Individuos (%)	Años	Individuos (%)	(%)	CM ( $\mu\text{T}$ )	RF ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
20 - 30	18%	1 - 10	44.9%	Hombre 35%	0.13	226.04
31 - 40	25%	11 - 20	22.8%			
41 - 50	16%	21 - 30	11.8%			
51 - 60	24%	31 - 40	10.2%			
61 - 70	13%	41 - 50	7.9%			
>71	5%	>50	2.4%	Mujer 65%		

23  
 24



1  
2 **Figura 1.** Nivel de estudios de las personas encuestadas.

3  
4 Los siguientes fueron los síntomas más frecuentes: fatiga (69%) y anomia (65%),  
5 seguidos de pérdida de memoria a corto plazo (PDMCP) (50%), irritabilidad (49%)  
6 y problemas de concentración (45%). Los síntomas menos frecuentes fueron dolor  
7 en el pecho (14%), hormigueo facial (13%) y pérdida de libido (8%) (figura 2).



9  
10 **Figura 2.** Frecuencia de los síntomas de las personas encuestadas.

11  
12

1 La presencia de los síntomas respecto al tiempo de exposición y a la intensidad de  
 2 RF se muestran en la tabla 2, en la que se observa que las personas expuestas por  
 3 más tiempo y a mayor intensidad de RF manifestaron los síntomas: ansiedad, fatiga,  
 4 depresión, dificultad para concentrarse, mareos, hormigueo facial, irritabilidad, y  
 5 pérdida de memoria a corto plazo (PDMCP); en cuanto a las personas expuestas  
 6 por el mismo tiempo, pero a mayor intensidad de RF manifestaron los síntomas de  
 7 pérdida de apetito y anomia.

8 **Tabla 2.** Presencia de los síntomas en los encuestados con relación al tiempo de exposición (horas)  
 9 y a la intensidad de radiofrecuencia (RF =  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ).

Síntoma	Hrs.		RF ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )	
	No	Si	No	Si
Ansiedad	13.3	14.7	104.8	447
Fatiga	12.3	14.5	200.2	237.6
Depresion	12.8	15.8	169.6	340.4
Dificultad para concentrarse	13.2	14.5	130.2	343.8
Mareos	13.3	15.3	212	264.4
Hormigueo facial	13.5	16	205.5	359.3
Irritabilidad	11.9	16.9	156.2	301.7
Perdida de memoria	11.8	15.8	57.1	397.7
Perdida de apetito	13.8	13.7	150.1	471.7
Anomia	14.2	13.6	155.5	264.8
Dolor en el pecho	13.3	17.1	273.3	158.3
Dificultad para dormir	12.6	16.3	260.3	156.9
Malestar	11.3	18.1	285.5	121.5
Dolor en articulaciones	11.1	20.1	279.6	100.7
Perdida de libido	12.9	24	242.2	37.6

10  
11

12 Por otro lado, las personas que manifestaron dolor en el pecho fueron aquellas que  
 13 pasaban más tiempo expuestas a la intensidad RF medida (17 hrs. a  $158 \mu\text{W}/\text{m}^2$ )  
 14 pero dicha intensidad fue menor que con las personas expuestas por menos tiempo  
 15 (13 hrs. a  $273 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ). La comparación de la presencia de los síntomas en estudios  
 16 similares en otras ciudades del mundo muestra una notable diferencia en la  
 17 frecuencia de los síntomas. Por ejemplo, en Lagos, Nigeria más de la mitad de los  
 18 encuestados manifestó múltiples síntomas (62%) mientras que en la ciudad de  
 19 Bahía, Brasil, el 80% de los encuestados manifestaron pérdida de libido, en Lyon,

1 Francia más de la mitad de los encuestados (53%) manifestó problemas para dormir  
2 (tabla 3).

3 **Tabla 3.** Comparación de la presencia de los síntomas en estudios similares en Lagos, Nigeria  
4 (Akintonwa et al., 2008); Bahía, Brasil (Da Silva et al., 2015); Lyon, Francia (Santini et al., 2002); y el  
5 presente estudio (CDMX).

Síntomas	Lagos	Bahía	Lyon (%)	CDMX
Pérdida de libido	-	80	15	8
Depresión	-	23	18	36
Irritabilidad	-	66	23.1	48
Dificultad para concentrarse	-	-	20	47
Malestar	-	-	20	39
Palpitación en el pecho	-	17	-	14
Ansiedad	6	48	-	34
Dificultad para dormir	4	-	53	35
Fatiga	2	-	49	71
Mareos	3	-	8	24
PDMCP	1	-	23	51
Pérdida de apetito	3.5	-	5	25
Múltiples síntomas	62	-	-	68
Sin síntomas	38	-	-	5

6  
7

8 Por otro lado, el análisis estadístico post-hoc (prueba de Dunn) mostró diferencias  
9 específicas. Respecto de los grupos de edad, la frecuencia de anomia fue  
10 predominante en los grupos de edad de 20 a 40 años; la frecuencia de fatiga crónica  
11 fue notablemente común en el 80 % de las personas de 20 a 50 años. Asimismo, la  
12 dificultad para concentrarse se manifestó más en las personas de 41 a 50 años; no  
13 obstante, las personas de 61 años en adelante, casi no manifestaron dicho síntoma.  
14 La irritabilidad se manifestó en el 70 % de las personas del 20 a 30 años.

15 Respecto del tiempo de exposición, la depresión fue menos frecuente en las  
16 personas expuestas por más de 12 horas; en contraste, la dificultad para  
17 concentrarse fue más frecuente en personas expuestas por el mismo periodo de  
18 tiempo. Por otro lado, la pérdida de libido se manifestó en individuos expuestos por  
19 más de 19 horas.

1 En relación con la intensidad de la RNI, tanto mareo, como dolor en el pecho y  
2 hormigueo facial fueron más frecuentes a partir de 6 horas de exposición a  
3 intensidades mayores de  $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$ , mientras que la anomia fue más frecuente a  
4 partir de los  $85 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Asimismo, las personas expuestas a RF de intensidades  
5 superiores a  $278 \mu\text{W}/\text{m}^2$ , por más de nueve horas diarias presentaron mayor  
6 frecuencia de mareos. Las personas expuestas a intensidades de  $447 \mu\text{W}/\text{m}^2$  por  
7 más de 14 horas diarias presentaron mayor frecuencia de ansiedad.

## 8 **Discusión**

9 En algunas casas donde se muestreó solo se tuvo acceso a una parte, por ejemplo,  
10 la sala de estar, y esto es de particular relevancia ya que se desconoce el nivel de  
11 RNI al que pueden estar expuestos los ocupantes mientras duermen.

12 Todas las personas encuestadas llevaban más de un año viviendo en el lugar donde  
13 se tomó la medición de RNI. De acuerdo con Buchner y Eger (2011), a partir de seis  
14 meses de exposición continua, es el tiempo umbral en el que se manifiestan  
15 alteraciones en la ruta metabólica de las catecolaminas, las cuales son un grupo de  
16 neurotransmisores y precursores de la síntesis de hormonas a las que pertenecen  
17 la adrenalina, noradrenalina, dopamina y feniletilamina. Estas hormonas y  
18 neurotransmisores están directamente relacionados con la respuesta de estrés  
19 general de un organismo y su alteración se puede manifestar en síntomas como  
20 dolor de cabeza, vértigo, problemas de sueño, problemas de concentración, e  
21 incluso alergias (Buchner & Eger, 2011). De estos síntomas, los problemas de  
22 concentración (45%), dificultad para dormir (33%), mareos (27%) fueron  
23 relativamente frecuentes en las personas encuestadas en Xochimilco.

24 En el presente trabajo se consideró únicamente la exposición a RNI de acuerdo a  
25 la lectura tomada en cada encuesta, con excepción del síntoma de anomia, el cual  
26 fue más frecuente en mujeres, no hubo diferencia significativa en relación al género  
27 y trastornos de sueño ni en ningún otro síntoma, lo que contrasta con Santini et al  
28 (2002), quienes reportaron mayor incidencia de problemas de sueño en mujeres.  
29 Dicha diferencia de género no fue observada en el grupo de personas que no usan  
30 teléfonos celulares, así mismo, la diferencia en la exposición entre los usuarios de

1 teléfonos móviles y los no usuarios no fue significativa debido a que no se consideró  
2 la exposición continua originada en la infraestructura de telecomunicaciones.

3 Respecto de la frecuencia de los síntomas, la mayoría de los encuestados  
4 manifestaron múltiples síntomas en general (68%), resultado similar fue reportado  
5 por Akintonwa et al., (2008) en Lagos, Nigeria que fue de 62% donde los más  
6 comunes fueron, fatiga (71%) y pérdida de memoria a corto plazo (51%). Fueron  
7 notablemente los síntomas: irritabilidad (48%), dificultad para concentrarse (47%),  
8 malestar general (39%), depresión (36%), así como dificultad para dormir (35%) y  
9 ansiedad (34%) fueron notablemente frecuentes. En estudios similares, se reporta  
10 una mayor frecuencia de los síntomas de pérdida de libido (80%) e irritabilidad  
11 (66%), en el caso de Bahía, Brasil (Da Silva et al., 2015), o mayor frecuencia de  
12 dificultad para dormir (53%) en el caso de Lyon, Francia (Santini et al., 2002).

13 Es importante considerar que los estudios de Da Silva (2015) y Akintonwa (2008)  
14 consideran la cercanía de la infraestructura de telecomunicaciones a las viviendas;  
15 no obstante, dicha cercanía puede estar fuera del haz de propagación de la RNI lo  
16 que disminuye notablemente la intensidad de dicha RNI. Asimismo, en el interior de  
17 las casas suele haber menor intensidad de RF que en el exterior, por lo que las  
18 personas, al menos en el presente estudio, estaban menos expuestas a la RNI de  
19 RF en el interior de sus casas en comparación con las intensidades del exterior de  
20 las mismas dentro del área de estudio (ver capítulo 2). Nuestros resultados del  
21 presente estudio muestran una leve asociación entre las RNI y sus efectos en las  
22 personas encuestadas, considerando que los valores de RNI obtenidos dentro de  
23 las casas de estas personas encuestadas son relativamente bajos, pero se  
24 desconoce el nivel a los que los encuestados se exponen el resto del día.

## 25 **Conclusiones**

26 Los valores obtenidos en las mediciones y las encuestas se encuentran por debajo  
27 de los límites permisibles nacionales e internacionales; no obstante, las  
28 intensidades son lo suficientemente altas como para coadyuvar en el desarrollo de  
29 problemas de salud como: anomia, dificultad para concentrarse, fatiga, problemas  
30 de memoria y e irritabilidad. Además, hay grupos (basados en edad, género y

1 tiempo de exposición) dentro de una población que son más susceptibles a  
2 síntomas determinados, a lo que se añade el que en ocasiones los efectos a la salud  
3 pueden tener una relación no lineal. Por tales razones, es necesario implementar el  
4 cambio de hábitos respecto a l uso excesivo de la tecnología emisora de RNI en  
5 general, para disminuir la exposición innecesaria a este contaminante.

6

## 7 **Referencias**

8

- 9 Akintonwa, A., Busari, A., Awodele, O., & Olayemi, S. (2008). The Hazards of Non-Ionizing  
10 Radiation of Telecommunication Mast in an Urban Area of Lagos, Nigeria. [Manuscript].  
11 *African Journal of Biomedical Research*, 5p.
- 12 Buchner, K., & Eger, H. (2011). Changes of clinically important neurotransmitters under the  
13 influence of modulated RF fields - A long term study under real-life conditions. *Umwelt*  
14 *Medizin Gesellschaft*, 24(1), 44-57.
- 15 Cabañas, C. E. M. (2018). Innovación digital inalámbrica, 5G, Internet de las cosas y la salud pública  
16 mundial. *MedLab*, 10(3), 3-13.
- 17 Cook, H. J., Steneck, N. H., & Vander, A. J. (1980). Early research on the biological effects of  
18 microwave radiation: 1940-1960. *Annals of Science*, 37(1980), 323-351.
- 19 Da Silva, D. F. d., Barros, W. R., Almeida, M. d. C. C. d., & Rêgo, M. A. V. (2015). Exposição a  
20 radiações eletromagnéticas não ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos.  
21 *Cadernos de Saúde Pública*, 31, 2110-2126. doi: 10.1590/0102-311X00104114
- 22 Dinno, A. (2017). Dunn's test of multiple comparisons using rank sums (Version 1.3.5). Consultado  
23 en <https://cran.r-project.org/web/packages/dunn.test/dunn.test.pdf>
- 24 Guerrero, A. J., & Pérez, A. J. (2006). Las radiaciones no ionizantes y su efecto sobre la salud  
25 humana. *Revista Cubana de Medicina Militar.*, 35(3), 1-7.
- 26 Hardell, L., Koppel, T., Carlberg, M., Ahonen, M., & Hadendahl, L. (2016). Radiofrequency radiation  
27 at Stockholm Central Railway Station in Sweden and some medical aspects on public  
28 exposure to RF fields. *International Journal of Oncology*, 49(4), 1315-1324. doi:  
29 10.3892/ijo.2016.3657
- 30 Klaps, A., Ponocny, I., Winker, R., Kundi, M., Auersper, F., & Barth, A. (2016). Mobile phone base  
31 stations and well being: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 544(2016), 24-  
32 30. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.009
- 33 Liedo, A. R. (2009). Cálculo tamaño óptimo de la muestra. *Estadística aplicada a la Investigación*  
34 *(electiva)*. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, 1-10.
- 35 López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2015). Metodología de la investigación social cuantitativa.  
36 *Universitat Autònoma de Barcelona*, España. 1-41.
- 37 Milham, S., & Ossiander, E. M. (2001). Historical Evidence that residential electrification caused  
38 the emergence of the childhood leukemia peak. *Medical Hypotheses*, 56(3), 290-295. doi:  
39 10.1054/mehy.2000.1138
- 40 Nuernberg Military Tribunals. (1949). Trials of war criminals before the Nuremberg military trials  
41 under Control Council Law No. 10: The medical case. *Military Legal Resources*, 2, 181-182.



1 R Development Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing  
2 (Version 3.4.3). Vienna, Austria: R Foundation for statistical computing. Obtenida de  
3 <https://www.r-project.org/>  
4 Russell, B. H. (2006). *Research methods in anthropology Qualitative and quantitative approaches*  
5 (4th ed.). United States of America: Rowman & Littlefield Publishers, Inc.  
6 Santini, R., Santini, P., Le-Ruz, P., Danze, J. M., & Seigne, M. (2003). Survey study of people living in  
7 the vicinity of cellular phone base stations. *Electromagnetic Biology and Medicine, 22*(1),  
8 41-49.  
9 Santini, R., Seigne, M., Bonhomme-Faivre, L., Bouffet, S., & Sage, M. (2002). Symptoms  
10 experienced by users of digital cellular phones: a study of a french engineering school.  
11 *Electromagnetic Biology and Medicine, 21*(1), 81-88.  
12 Thomas, S., Heinrich, S., von Kries, R., & Radon, K. (2010). Exposure to radio-frequency  
13 electromagnetic fields and behavioral problems in Bavarian children and adolescents.  
14 *European Journal of Epidemiology, 25*(2), 135-141. doi: 10.1007/s10654-009-9408-x

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

## 1 **Capítulo 4**

2

### 3 **Transferencia de conocimiento sobre contaminación ambiental por** 4 **radiaciones no ionizantes mediante actividades de educación** 5 **ambiental no formal.**

6

#### 7 **Resumen**

8 Se llevó a cabo la transferencia de conocimiento mediante talleres, para informar a  
9 la población sobre la situación actual de la contaminación por radiación no ionizante  
10 en la zona y recomendaciones para reducir su exposición y efectos. Previamente a  
11 los talleres se realizaron 127 encuestas a habitantes de la localidad de Xochimilco  
12 para explorar el conocimiento que las personas tienen respecto a la contaminación  
13 por RNI, y a partir de esto planear los contenidos que se comunicaron a la  
14 comunidad. Se elaboraron algunos materiales: un folleto y un tríptico en donde se  
15 explicó de manera breve y sencilla los efectos de la RNI en la salud humana y  
16 algunas medidas para reducir su exposición y efectos.

#### 17 **Introducción**

18 Actualmente la Ciudad de México (CDMX) incluyendo Xochimilco destaca por la  
19 presencia de distintos tipos de contaminación, y la del aire es una de las más  
20 conocidas, no obstante, hay otras de las que la población en general desconoce  
21 como lo es la contaminación electromagnética. En el texto de divulgación de Wagner  
22 (1996) no se menciona el tema; tampoco lo hace Jiménez (2006) en su extenso  
23 volumen sobre contaminación en México. A pesar de ello existe una creciente  
24 preocupación de los ciudadanos hacia los efectos nocivos en la salud derivados de  
25 la exposición crónica a radiaciones no ionizantes (RNI), así como la necesidad de  
26 implementar medidas para reducir su exposición y efectos a la salud y apela a  
27 iniciativas para dar a conocer con más detalle la situación actual que se vive  
28 respecto a la contaminación por RNI. Dado que los medios de comunicación en  
29 general no han informado adecuadamente de la situación actual de la  
30 contaminación electromagnética, es aquí donde las actividades de educación

1 ambiental pueden ser una herramienta adecuada para comenzar a concientizar a la  
2 población al respecto de este tema.

### 3 **Marco teórico**

#### 4 *Educación ambiental*

5 La educación ambiental es el proceso de formación y aprendizaje mediante el cual  
6 el individuo adquiere conocimientos y hábitos que le permiten modificar la conducta  
7 individual y colectiva en relación con el ambiente en el que se desenvuelve (Ortega  
8 & Velasco, 2006). A pesar de que con el tiempo se han desarrollado diferentes  
9 posturas respecto de la educación ambiental, el objetivo de generar un ambiente  
10 menos contaminado, se mantiene constante (Foladori, 2000).

#### 11 *Tipos de educación ambiental*

12 La educación ambiental se divide generalmente en formal, no formal e informal.  
13 Mientras que la educación ambiental formal, se lleva a cabo como parte de las  
14 actividades de instituciones académicas en todos los niveles de escolaridad (Aleida  
15 & García, 2009), la educación ambiental no formal está basada en unidades  
16 independientes y la acreditación es específica de logros especiales, no  
17 correspondientes a niveles, modalidades, carreras ni grados académicos (Luna,  
18 2011). Por otra parte, la educación ambiental informal se efectúa a través de los  
19 medios de comunicación como la radio, televisión, revistas, periódicos, libros,  
20 anuncios espectaculares, etc. (Aleida & García, 2009).

#### 21 *La encuesta en la educación ambiental*

22 Para lograr una educación ambiental efectiva en el tema de nuestro interés, es  
23 necesario explorar el nivel de conocimiento de la población respecto a la  
24 contaminación electromagnética, y para ello, la encuesta es uno de los métodos  
25 más utilizados y efectivos. Los resultados obtenidos en las encuestas a su vez  
26 permiten evaluar qué se conoce sobre un tema determinado y planear de mejor  
27 manera los contenidos que se quieren comunicar; además, facilitar disponer de  
28 herramientas de educación ambiental y puedan tomar medidas para lograr la

1 disminución de la exposición a los contaminantes como ya han puesto en evidencia  
2 otros estudios (Oliveras, 2008; Tomitsch et al., 2010.) Es necesario la divulgación  
3 de los conocimientos científicos y el impulso de programas de salud pública, para  
4 que la sociedad disponga de conocimientos útiles para lograr la disminución de  
5 dicha exposición.

## 6 **Objetivo**

7 Transferencia de conocimiento mediante actividades de educación ambiental no  
8 formal, para informar a la población sobre la situación actual de la contaminación  
9 por radiación no ionizante en la zona de estudio y proponer recomendaciones para  
10 reducir su exposición y efectos.

## 11 **Metodología**

12 Se realizaron 127 encuestas a individuos en la localidad de Xochimilco para  
13 determinar el conocimiento que las personas de este lugar tienen respecto de la  
14 contaminación por RNI y sus efectos en la salud.

15 La encuesta permitió conocer si los habitantes tenían algún conocimiento previo o  
16 si han oído hablar de RNI o de campos electromagnéticos (CEM), sobre los efectos  
17 en la salud (positivos o negativos). Posteriormente se compararon los resultados  
18 con estudios similares.

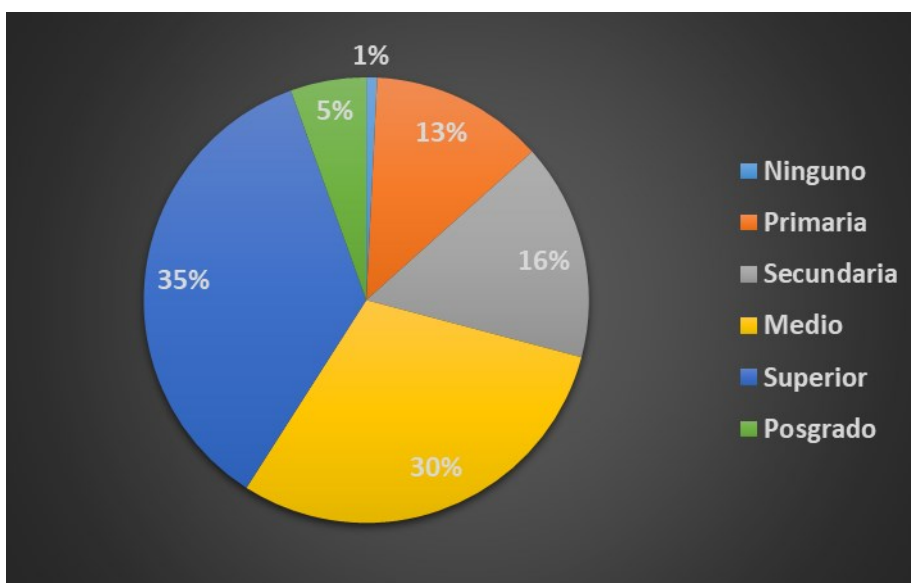
19 Se elaboró un folleto en el cual se explicó de manera sencilla qué es la RNI y cuáles  
20 son sus efectos en la salud humana, así como algunas medidas para reducir su  
21 exposición y efectos. Asimismo, se elaboró una versión resumida del folleto en un  
22 tríptico. Posteriormente se realizaron algunos talleres como parte de las actividades  
23 de educación ambiental en la Casa de Cultura Juan Badiano de la colonia  
24 Ampliación Tepepan, Xochimilco. En los talleres se explicó sobre los diferentes tipos  
25 de radiación, diferenciando cuál es la RNI, la contaminación electromagnética y qué  
26 se puede hacer para reducir su exposición. También se realizaron demostraciones  
27 con materiales propios elaborados para explicar cómo funciona el campo magnético  
28 (CM), el campo eléctrico (CE) y las radiofrecuencias (RF), y cómo se miden las  
29 mismas.

1 El CE se demostró con un inductor y una bombilla que se encendió sin estar  
2 conectada (por inducción). El CM se demostró con un levitador magnético, entre el  
3 cilindro (levitador) y la base, y al interponer sucesivamente la mano, una hoja de  
4 papel y otra aluminio, para demostrar que el CM puede atravesar dichos materiales.

5 Las RF se demostraron utilizando un medidor de campos electromagnéticos  
6 Exttech® EMF 450, un teléfono celular, una laptop. Posteriormente se llevó al grupo  
7 a unas líneas de alta tensión cercanas para demostrar las intensidades de CE y CM  
8 que se reciben a distintas distancias de estas líneas. Se repartieron folletos y  
9 trípticos tanto a los asistentes, así como a habitantes de la colonia.

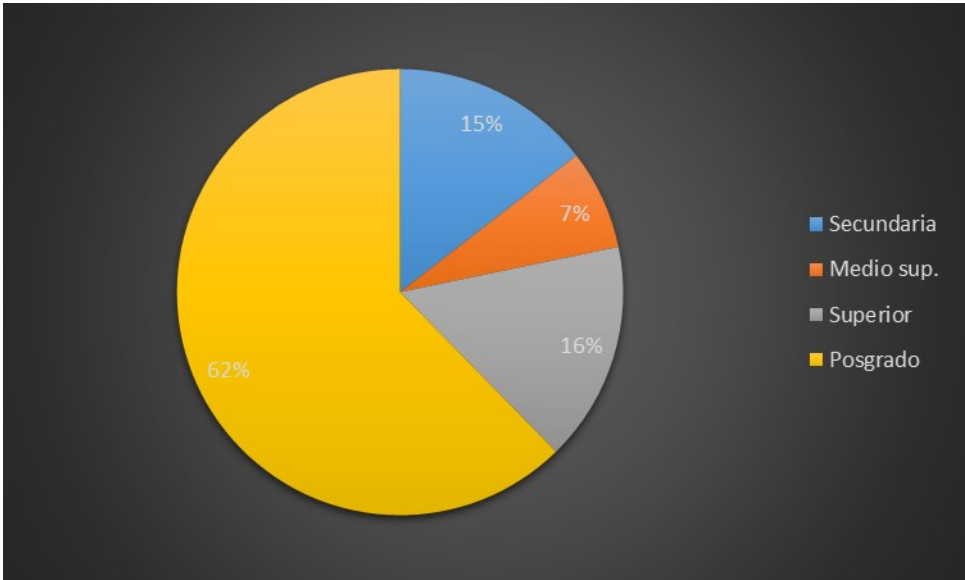
## 10 Resultados

11 El nivel de estudios de los encuestados (**figura 1**) fue predominantemente de  
12 educación superior (35%), y media superior (30%). De las personas encuestadas  
13 tan solo el 9 % afirmó conocer o haber oído hablar de las RNI, mientras que el 71  
14 % mencionó haber oído hablar de campos magnéticos y electromagnéticos.



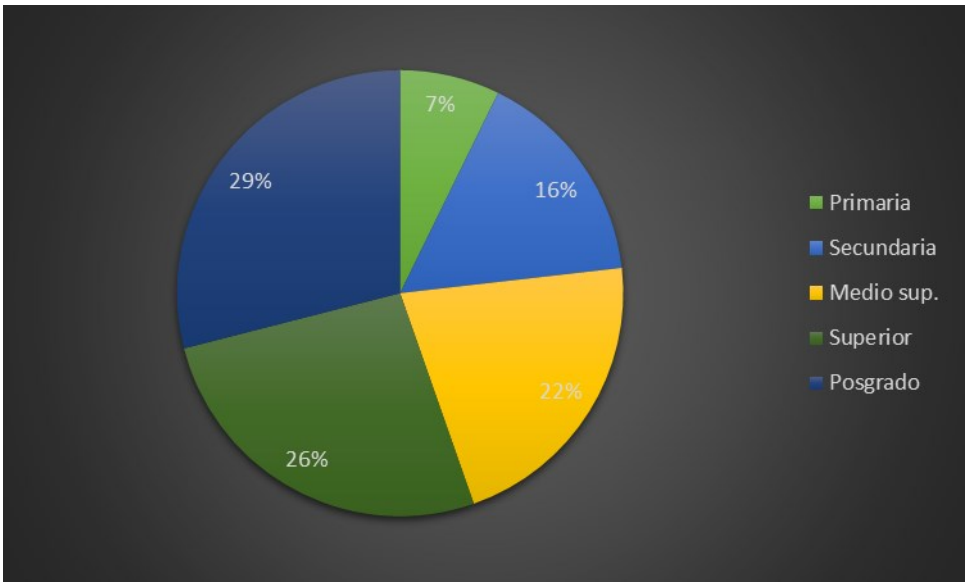
15  
16 **Figura 1.** Nivel de estudios de los encuestados.

17 La proporción de personas que conoce o ha oído hablar de RNI, CEM y de sus  
18 efectos en la salud fue mayoritariamente el de las personas de educación superior  
19 y posgrado (**figuras 2, 3 y 4**).



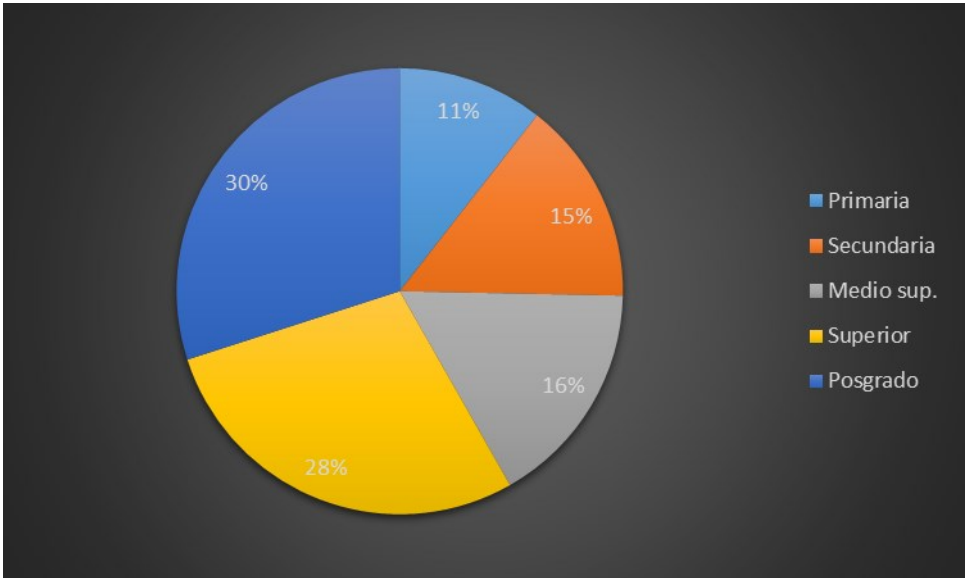
1  
2  
3  
4

**Figura 2.** Proporción de personas por nivel de estudios que conocen o han oído hablar de la RNI.



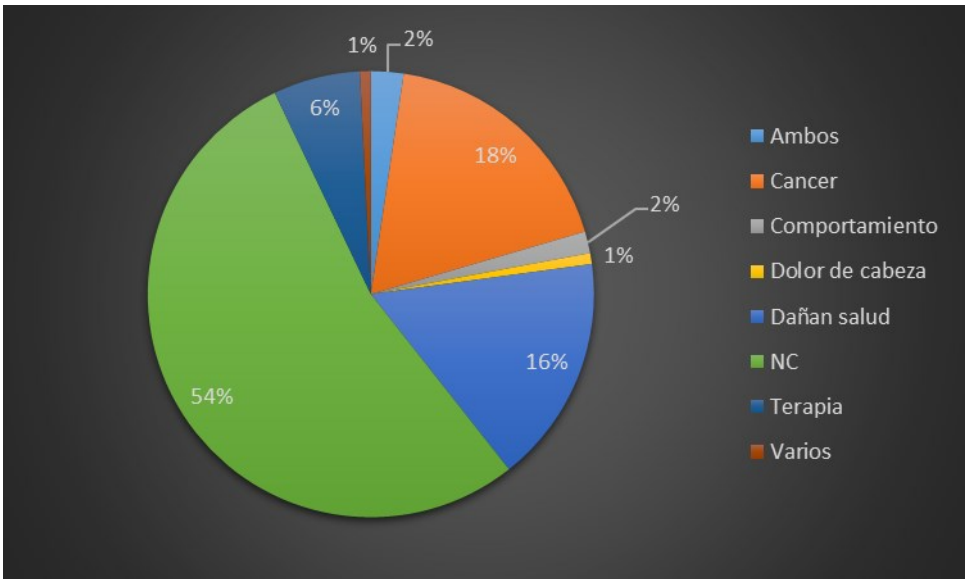
5  
6  
7  
8

**Figura 3.** Proporción de personas y su nivel de estudios que conocen o han oído hablar de CEM.



1  
2 **Figura 4.** Proporción de personas por nivel de estudios que conocen efectos de las RNI en la salud.

3 De los encuestados, el 46 % afirmó saber que las RNIs tienen algún efecto en la  
4 salud humana, de los cuales, el 18% mencionó al cáncer y el 16% solamente  
5 mencionó que hacían daño a la salud (**figura 5**). Por otra parte, el 6% mencionó que  
6 tienen usos terapéuticos y aplicaciones medicinales.



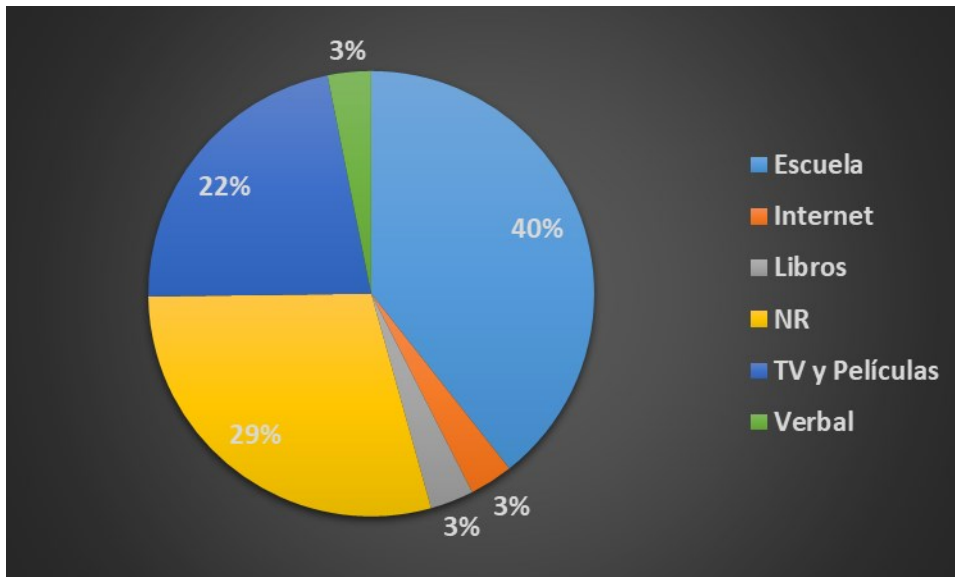
7  
8 **Figura 5.** Efectos en la salud asociados a la exposición a RNI mencionados por las personas  
9 encuestadas (NC = No conoce).

10

11

1 De las personas que habían oído hablar de RNI, CM Y CEM, el 40 % mencionó  
2 haberlo visto en la escuela, el 29 % no recuerda donde lo escuchó, mientras que el  
3 22 % adquirió esta información mediante la televisión y películas, tan solo el 3 % se  
4 informó de los libros y otro 3 % de internet (**figura 6**).

5



6

7 **Gráfica 6.** Medio por el cual se informaron acerca de las RNI (NR = No recuerda).

8

## 9 **Discusión**

10 De acuerdo con los resultados obtenidos, la población en general no conoce acerca  
11 de la RNI, ni de sus efectos asociados a la exposición crónica. Es importante notar  
12 que la gente asoció el término de *radiación* únicamente con la radiación ionizante,  
13 es decir, rayos X, plantas nucleares, bombas atómicas, entre otros y no les queda  
14 clara la diferencia con la RNI, lo que coincide con estudios similares en los que se  
15 ha hecho evidente que la mayoría de la población, de distinto nivel de estudios,  
16 desconoce en su mayoría la RNI y sus efectos. Corona y Oviedo (2012) realizaron  
17 encuestas a profesores, trabajadores y estudiantes en la Ciudad Universitaria de la  
18 Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde obtuvieron que el 77 %  
19 de los encuestados desconoce la RNI, sin embargo, el 78 % de ellos afirmó haber  
20 oído hablar de los efectos nocivos a la salud ocasionados por electrosmog, campos  
21 eléctricos y magnéticos. Por otro lado, en un estudio realizado por Huamán y  
22 colaboradores (2014) en Lima, Perú, obtuvieron que solo el 16 % de los



1 encuestados conoce o ha escuchado sobre la contaminación electromagnética y de  
2 éstos el 22 % conoce algunos de sus efectos.

3 El medio por el cual se informaron las personas que habían escuchado hablar de la  
4 RNI o de los CEM fue mayoritariamente en la escuela, no obstante, una proporción  
5 importante (22 %) mencionó haberlo oído en películas, lo cual nos da un indicio de  
6 la influencia que puede ejercer en la población, tanto el cine como la televisión  
7 respecto del tema en cuestión. Internet por otro lado, es considerado actualmente  
8 como una de las fuentes de información más importantes, pero las fuentes  
9 anónimas y la carencia (en muchos casos) de evidencia puede transformarlo en una  
10 herramienta de desinformación con la consiguiente dispersión de noticias falsas y  
11 rumores (Keskenidou et al., 2014). Por su parte, en el presente estudio internet solo  
12 representó el 3 % de las fuentes al igual que los libros y a la comunicación verbal.

13 En la educación en general, en el proceso de aprendizaje de temas complejos, las  
14 demostraciones y la participación de los interesados es fundamental para poder  
15 transmitir adecuadamente el conocimiento (Camargo & Guitierrez, 2010). En las  
16 actividades de educación ambiental del presente trabajo, se utilizaron  
17 demostraciones con artículos de uso común en la vida cotidiana como el teléfono  
18 celular y una laptop y se puso en evidencia las intensidades de RF y CM a las que  
19 nos exponemos a diario al usar tales dispositivos.

## 20 **Conclusiones**

21 Existe un gran desconocimiento de la RNI y el electrosmog, así como de sus efectos  
22 en la salud humana independientemente del grado de estudios de las personas. Sin  
23 embargo, la población en general mostró gran interés en el tema. Es importante  
24 continuar con actividades de educación ambiental para que cada vez más gente  
25 esté informada acerca de la electrosmog y sus efectos considerando que las  
26 emisiones de RNI son cada vez más frecuentes e intensas, en particular en el  
27 ambiente urbano.

28

29

## 1 Referencias

2

- 3 Aleida, L. L., & García, J. S. (2009). Hacia una propuesta de educación ambiental en la comunidad  
4 de la Magdalena Atlitic Distrito Federal. In SEMARNAT (Ed.), Educación ambiental y  
5 manejo de ecosistemas en México. México.
- 6 Camargo, L., & Guitierres, A. (2010). El aprendizaje de la demostración visto desde la teoría de la  
7 práctica social. En M. M. E. Moreno, A; Carrillo, J; Sierra, T. A. (Ed.), *Investigación en*  
8 *educación matemática XIV*. SEIEM (pp. 245-258).
- 9 Corona, L. C. M., & Oviedo, J. J. A. (2012). *Avances de normatividad internacional en*  
10 *electromagnetismo. Una propuesta para la normatividad en México*. Tesis, Fa. Ingeniería,  
11 UNAM, México.
- 12 Foladori, G. (2000). El pensamiento ambientalista. *Tópicos en Educación Ambiental*, 2(5), 21-38.
- 13 Huamán, T. A., Huamán, T. N., Soto, R. J. G., Silva, S. M. W., Roberto, I., Ardían, C., & Garrido, O. J.  
14 A. (2014). Effects of electromagnetic pollution on the health of the urban population of  
15 the region Lima. *Repositorio Institucional - UNJFSC Huacho, Perú*, 1-18.
- 16 Jiménez, B. E. (2006) *La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología*  
17 *apropiada*. LIMUSA-Noriega. México.
- 18 Keskenidou, M., Kyridis, A., & Valsamidou, L. P. (2014). The internet as a source of information.  
19 The social role of blogs and their reliability. *Observatorio*, 8(1), 203-228.
- 20 Luna, D. V. (2011). *Educación ambiental no formal: Fundamentos para la elaboración y diseño de*  
21 *un taller de ciencias para niños*. Especialidad Monografía, Universidad de Colima, Colima.
- 22 Oliveras, S. J. M. (2008). Prevención de riesgos producidos por electrosmog. *Técnica Industrial*,  
23 276(2008), 46-52.
- 24 Ortega, R. N., & Velasco, V. E. (2006). *Manual de educación ambiental para escuelas primarias del*  
25 *Estado de Guanajuato* (1° ed.). Instituto de Ecología del Estado. Guanajuato.
- 26 Tomitsch, J., Dechant, E., & Frank, W. (2010.). Survey of electromagnetic field exposure in  
27 bedrooms of residences in Lower Austria. *Bioelectromagnetics*, 31(3), 200-208. doi:  
28 10.1002/bem.20548
- 29 Wager, T. (1996). *Contaminación, causas y efectos*. Gernika. México.

30

31

32

33

34

35

36

37

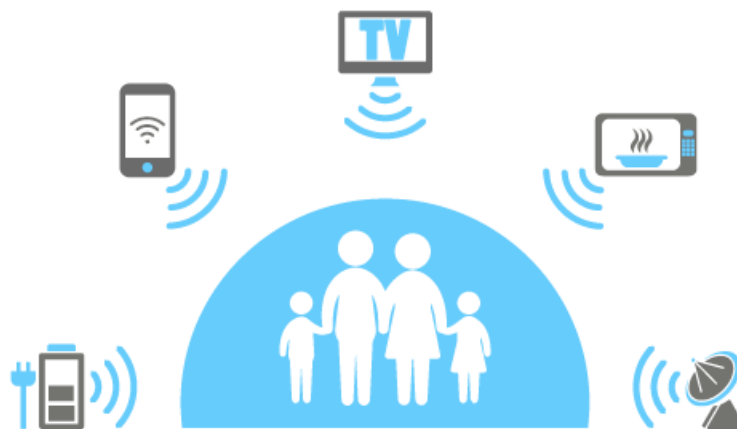
38

- 1 **Anexo**
- 2
- 3 **Folleto**

## ¿Qué es el **electrosmog** y las radiaciones **NO** ionizantes?

¿Sabes que es la contaminación electromagnética?

¿Sabías que durante el día y la noche estas expuesto a contaminación electromagnética?



Biol. Fernando Antonio Alvarez Ortiz

- 4
- 5
- 6

## Electrosmog

Es la presencia de contaminación eléctrica y magnética artificial en el aire, que tiene la capacidad de afectar la salud y el bienestar de las personas y los animales. Todos los aparatos eléctricos producen campos eléctricos y magnéticos en distintas frecuencias. Aún mientras dormimos, la contaminación por electrosmog está siempre activa.



El electrosmog son radiaciones que se pueden dividir en tres tipos: eléctrico, magnético y la combinación de ambos denominada electromagnético. El electrosmog magnético y electromagnético puede atravesar el concreto, metal, pintura, vidrio y plástico en una construcción regular, llegando a penetrar desde unos cuantos centímetros hasta varios metros. Por lo que puede atravesar paredes, techos y pisos sin ningún problema y por supuesto, también se le encuentra en espacios abiertos. Siempre que haya corrientes eléctricas, señales inalámbricas (teléfono celular o Wi-Fi) existe la electrosmog.

## ¿Qué es la radiación?

Los electrosmogs son radiaciones y por ello necesitamos saber a qué nos referimos con radiación. La radiación es todo tipo de energía que puede propagarse en el vacío, es decir, que no necesita de un medio como el agua o el aire para propagarse. El más grande ejemplo de radiación es la energía del sol que viaja por el espacio y llega hasta nosotros. Sin embargo, la radiación solar es de origen natural por lo que no representa un contaminante.



La radiación está presente en nuestro mundo de forma natural o artificial. Cada momento de nuestras vidas estamos expuestos a diversas formas de radiación de las cuales la principal es la energía solar electromagnética que incluye las ondas infrarrojas, la luz visible y las ondas ultravioletas. Cosas tan comunes como la electricidad, la radio y la televisión son fuentes de radiaciones. Cuando disfrutamos del sol en un día de playa nos exponemos a la radiación ultravioleta y cuando nos tomamos una radiografía estamos expuestos a rayos X. La radiación de los sistemas de comunicaciones móviles es de naturaleza electromagnética.

### ¿Qué son Radiaciones No Ionizantes?

La radiación se divide en dos tipos, radiación ionizante y radiación no-ionizante. La radiación ionizante es la producida por las sustancias denominadas "radiactivas" como el Uranio, también los rayos X, la radiación de las bombas atómicas y la que se maneja en las plantas nucleares. Esta radiación tiene suficiente energía para alterar las sustancias con un proceso que se llama justamente ionización. Por otro lado, la radiación no ionizante se caracteriza por no alterar las sustancias, pero tiene suficiente energía para causar la vibración de las moléculas en una sustancia. La radiación no-ionizante se señala con el siguiente símbolo:



Entre las RNI de las ondas electromagnéticas se incluyen los campos estáticos (resonancia magnética), de los campos de extremadamente baja frecuencia (redes de energía eléctrica, trenes, etc.), la radiofrecuencia (telecomunicaciones, equipo médico quirúrgico, etc.), los campos de microondas (telecomunicaciones, radar, hornos de microondas), la radiación infrarroja la luz visible, la radiación ultravioleta, etc.



## ¿Qué son los campos electromagnéticos? (CEM)

La radiación electromagnética está formada de ondas de energía eléctrica y magnética moviéndose juntas a través del espacio a la velocidad de la luz. El término "campo electromagnético" (CEM) se usa para indicar la presencia de radiación electromagnética.

Las diferentes formas de radiación electromagnética son clasificadas por sus frecuencias.

### ¿Qué es frecuencia?

Las ondas son energía que se propaga por el espacio en forma de ondas, del mismo modo que una gota de agua produce ondas al caer sobre más agua.



En las ondulaciones u ondas producidas por la caída de la gota en el agua, es fácil de apreciar dos partes, una parte alta y una parte baja o como suelen llamarse, una cresta y un valle. La cantidad de crestas y valles se propagan en un segundo se denomina frecuencia.



**¿Qué quiere decir esto?** Simplemente, las ondas de alta frecuencia, que son las más chicas, tienen mayor energía, un ejemplo sencillo de ver es en una cuerda sostenida por dos personas, si una persona mueve la cuerda hacia arriba y hacia abajo lentamente (poca energía), las ondas son largas; en cambio si una persona mueve el brazo rápidamente (mucho energía), las ondas van a ser cortas.



Los CEM incluyen los campos eléctricos y magnéticos de las redes de energía, la radio, la televisión, los teléfonos celulares y sus estaciones bases, radar y comunicaciones vía satélite. Muchos aparatos domésticos también transmiten CEM, tal como los teléfonos inalámbricos y los juguetes a control remoto.

## ¿Qué podemos hacer al respecto?

Actualmente muchos investigadores reconocen los efectos nocivos de las RNI, y han reportado una serie de recomendaciones para reducir la exposición a este contaminante y sus efectos en la salud.

### Recomendaciones

	No coloques en tu mesita de noche o buró aparatos electrónicos, como radio-despertadores, teléfonos móviles o teléfonos inalámbricos. No pongas el móvil a cargar al lado de tu cama.
	Teléfonos celulares. No transportes el teléfono celular pegado al cuerpo, es decir, en el bolsillo del pantalón, camisa o chamarra. De no tener donde llevarlo se puede poner en modo avión lo cual hace que el teléfono prácticamente no emita RNI.
	Electrodomésticos. La lavadora, microondas, hornos eléctricos, cocinas de inducción, no deben estar en la pared contigua a la cabecera de tu cama. Aun estando apagados, emiten radiaciones que pueden atravesar la pared.
	Instalación eléctrica. Comprueba que el cableado no emita más radiaciones de las estrictamente necesarias.
	Inalámbricos. Las tecnologías sin cables, como los teléfonos inalámbricos o los módems (routers) Wi-Fi, saturan nuestro entorno de radiaciones de altas frecuencias. Elige preferiblemente las tecnologías con cable (alámbricas), y solamente haz uso de las tecnologías inalámbricas si no tienes otra opción. Siempre colocando las fuentes emisoras de RNI lejos de los lugares donde permaneces más tiempo.
	Antenas y cables. Antes de adquirir una nueva vivienda u oficina, vigila que no haya cerca antenas de telecomunicaciones o de teléfonos celulares, líneas de alta tensión, tendido eléctrico o transformadores urbanos.
	Desconecta todos los aparatos eléctricos y electrónicos. A pesar de que es prácticamente imposible evitar por completo las RNI, reducir al mínimo la exposición disminuye el impacto perjudicial a la salud. Por lo que es recomendable apagar y desenchufar los aparatos cuando no estén en uso.

### ¿Cuáles son los focos más frecuentes de contaminación electromagnética de frecuencias extremadamente bajas?

Los campos magnéticos de frecuencias extremadamente bajas son generados por los cableados domésticos, industriales y federales, es decir, baja, media y alta tensión. Éstos campos también son generados por cualquier equipo eléctrico (o electrónico) que esté en funcionamiento: motores industriales o electrodomésticos: secadores de pelo, batidoras, computadoras, televisores o pantallas, etc.

### ¿Cuáles son los focos más frecuentes de contaminación por radiofrecuencias?

Las radiofrecuencias son emitidas principalmente por antenas de telefonía, radio y televisión. Según el tipo de antena la radiación se dirige hacia una zona determinada o en distintas direcciones. No hay que olvidar otros focos de radiofrecuencias, caso de los hornos de microondas y los radares.

### ¿Por qué nos afectan los campos electromagnéticos?

Nuestro organismo y el de todos los seres vivos, funcionan mediante corrientes eléctricas y magnéticas muy débiles. Este es uno de los motivos principales de que campos electromagnéticos artificiales provoquen trastornos en su funcionamiento, que se traducen en síntomas como: alergias, cansancio crónico, insomnio, migrañas, cambios de comportamiento, ansiedad, falta de concentración. En casos extremos los campos electromagnéticos se encuentran asociados, abortos espontáneos, problemas cardiacos, leucemia en niños y otros tipos de cáncer en general.





### ¿Cuándo existe riesgo?

Siempre que hay una exposición a radiaciones de líneas eléctricas, estaciones transformadoras, aparatos eléctricos, antenas de telefonía, radio, televisión, etc. Existe un riesgo que dependerá de las dosis recibidas y de la capacidad de respuesta del organismo. Los niños son mucho más sensibles a los nocivos efectos de estas exposiciones, sobre todo cuando son prolongadas. La contaminación electromagnética se considera más peligrosa por la noche, cuando el cuerpo está en reposo y es más vulnerable, ya que se segregan una serie de sustancias vitales (melatonina) para el correcto funcionamiento del organismo que se ven alteradas si estamos sometidos a estas radiaciones. También aumenta el riesgo cuando nos encontramos sometidos a situaciones de estrés, cansancio, enfermedad.

### ¿A partir de qué dosis existe riesgo?

Es difícil establecer un límite seguro, ya que se ha ido comprobando que los valores considerados seguros han sido, una y otra vez, superados por la realidad, y se han tenido que ir rebajando las dosis aceptables. Por tanto, la única dosis 100% segura es cero. La dosis segura dependerá de la edad, estado de salud, la hora en que se recibe, el tiempo de exposición y que hay personas más resistentes que otras. Sin embargo, existe bastante unanimidad en el mundo científico de que a partir de los 2 micro Tesla nos exponemos a riesgos de problemas de salud.

### ¿Cómo podemos valorar los riesgos a los que estamos sometidos si no disponemos de instrumentos de medición?

Cuando no disponemos de aparatos de medición, lo cual es lo más frecuente, hay otras formas de valorar si nuestro hogar está contaminado.


Si vivimos cerca de un transformador de la compañía eléctrica, probablemente aumentarán las dosis que recibirá nuestra vivienda. Al igual que si estamos cerca de una línea eléctrica de alta, media o baja tensión. De la misma forma debemos alejarnos de aparatos eléctricos que se encuentren enchufados, en muchos casos hasta un metro de distancia como mínimo.

Las antenas de telefonía, radio y televisión irradian radiofrecuencias de mayor o menor intensidad, dependiendo del tipo de antena, frecuencia, potencia, altura con respecto a las viviendas, obstáculos y distancia: la distancia es la mejor solución a la radiación en general. Cuanta mayor sea la distancia de una fuente emisora, menor será la radiación que recibamos.

“ Cuanta mayor sea la distancia  
de una fuente emisora,  
menor será la radiación que  
recibamos ”



Texto: Biol. Fernando A. Alvarez Ortiz  
Telefono: 444-507-6346 E-mail: faao322@gmail.com

Diseñado por: 

1

2 **Tríptico**

3

La Organización Mundial de la Salud (OMS) desde el 2002 reconoce a los campos magnéticos, emitidos por los cableados eléctricos, como posibles agentes causantes del cancer?




Además, desde el 2011 la OMS también asocia a las radiofrecuencias (señal de radio, television, celular y Wi-Fi) como carcinogénicos potenciales.



“ Cuanta mayor sea la distancia de una fuente emisora, menor será la radiación que recibamos ”



Texto: Biol. Fernando A. Alvarez Ortiz  
Telefono: 444-507-6346 E-mail: faao322@gmail.com

Diseñado por: 

### ¿Sabes qué es la contaminación electromagnética?



¿Sabías que los aparatos **electrónicos** emiten **radiación** que puede causar daños a la salud?



4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

1

2

3



### ¿Qué es la contaminación electromagnética?

Se usa el término de contaminación electromagnética, electropolución o electrosmog para referirse a todas las emisiones de radiofrecuencias producido por la señal de radio, televisión, celular, y Wi-Fi.

Campo magnético y eléctrico emitido por toda instalación eléctrica, doméstica e industrial, así como líneas de alta, media y baja tensión, que han alcanzado niveles lo suficientemente altos para causar afecciones a la salud.



### ¿Cómo puede afectar la contaminación electromagnética a mi salud?

Nuestro organismo y el de todos los seres vivos, funciona mediante corrientes eléctricas y magnéticas muy débiles. Este es uno de los motivos principales de que los campos electromagnéticos artificiales provoquen un mal funcionamiento de la salud, con síntomas como: alergias, cansancio crónico, insomnio, migrañas, cambios de comportamiento, ansiedad, falta de concentración y, en casos extremos, debilitación del sistema inmune, problemas cardíacos, leucemia en niños y otros tipos de cáncer en general.

### ¿Debo dejar de usar la tecnología entonces?

Por supuesto que no, la tecnología es parte de nuestra vida cotidiana, trabajo y escuela. Simplemente hay que ser prudentes al adquirirla y utilizarla, además de adoptar algunos hábitos que nos ayudarán a reducir la exposición innecesaria a la contaminación electromagnética.

### ¿Qué puedo hacer al respecto?

Desconectar todos los aparatos eléctricos/electrónicos en tu dormitorio, especialmente aquellos que se encuentren junto a tu cama.



Apaga tu Wi-Fi cuando no lo estés utilizando, especialmente durante la noche.



Evita que tengas cableados, tomas de corriente o interruptores cerca de la cabecera de tu cama.

Procura no llevar el celular pegado al cuerpo y si haces llamadas frecuentemente utiliza manos libres alámbrico.



Desconecta todos los aparatos que no estés utilizando en tu casa.

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

1 **Constancia**



La Casa de Cultura "Juan Badiano" hace constar que el

**Biólogo Fernando A. Álvarez Ortiz**

impartió la platica "*¿Como afecta la contaminación electromagnética a nuestra salud?*" ante la comunidad de Ampliación Tepepan, la cual se llevo a cabo el día **viernes 12 de Mayo de 2017**

**C. ERICK GARCIA SALGADO**

**ADMINISTRADOR DE LA CASA DE CULTURA "JUAN BADIANO"**

La presente se extiende en la Ciudad de México a los veintiocho días del mes de Mayo del año dos mil diecisiete

**Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad**

Casa de la Cultura "Juan Badiano"  
Av. de las Torres s/n Col. Ampliación Tepepan  
C.P. 16030, Del. Xochimilco Tel. 5676 85 80



2