

Antenas de telefonía móvil: emplazamiento y proximidad a espacios sensibles en la zona de estudio Inma-Gipuzkoa

Mobile telephony antennas: localization and proximity to sensitive areas in the Inma-Gipuzkoa study area

Antenas de telemóvel: localização e proximidade de espaços sensíveis na zona de estudo Inma-Gipuzkoa

Mara Gallastegi^{a,b}; Ibon Tamayo-Uria^{c,d}; Ana-María Jiménez^{a,c}; Juan-J Aurrekoetxea^{a,c,e}; Loreto Santa-Marina^{a,c,d}; Jesús Ibarluzea^{a,c,d}

^a Instituto de Investigación Sanitaria BIODONOSTIA, Donostia/San Sebastián, Spain.

^b U.P.V-E.H.U-Facultad de Farmacia. Vitoria-Gasteiz, Spain.

^c Subdirección de Salud Pública y Adicciones de Gipuzkoa. Departamento de Salud. Gobierno Vasco. Donostia/San Sebastián, Spain.

^d CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Spain.

^e U.P.V-E.H.U-Facultad de Medicina. Donostia/ San Sebastián, Spain.

Cita: Mara Gallastegi, Ibon Tamayo-Uria, Ana-María Jiménez, Juan-J. Aurrekoetxea, Loreto Santa-Marina, Jesús Ibarluzea. Rev. salud ambient. 2014;14(2):98-106.

Recibido: 29 de julio de 2014. **Aceptado:** 19 de noviembre de 2014. **Publicado:** 15 de diciembre de 2014.

Autor para correspondencia: Mara Gallastegi Bilbao.

Correo e: maragallastegi@gmail.com

Instituto de investigación sanitaria Biodonostia. Paseo Doctor Begiristain Kalea, 20014 Donostia/Gipuzkoa, Gipuzkoa.

Financiación: Ministerio de Economía y Competitividad (FIS PI13/02187). Ayuntamientos pertenecientes a la zona de estudio.

Declaración de conflicto de intereses: La autora declara que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

En Europa, la recomendación 1999/519/EC establece las restricciones y niveles de referencia para la exposición del público general a campos electromagnéticos (0 Hz –300 GHz). Varios países europeos, incluido España, han establecido límites más restrictivos o medidas adicionales en áreas denominadas “espacios sensibles” en base a la duración de la exposición y a la presencia de población sensible.

El objetivo de este estudio es describir el emplazamiento y la proximidad de las antenas de telefonía móvil a espacios sensibles en los municipios del Proyecto INMA-Gipuzkoa.

Se georreferenciaron las antenas y los espacios sensibles (escuelas, centros de salud, residencias y parques públicos). Se crearon áreas de influencia de 50, 100, 300 y 600 m alrededor de los espacios sensibles y se contabilizaron las antenas de telefonía móvil en cada una de ellas.

Se contabilizaron 247 espacios sensibles y 156 antenas. El 54 % de las antenas se localizaron dentro de las áreas de influencia establecidas. A excepción de un centro sanitario y un parque, el resto de espacios sensibles no presentó ninguna antena en un radio de 100 m. El 47 % de espacios sensibles presentó al menos una antena en un radio de 600 m, el 20,6 % contaban con 1 a 3 y el 21,5 % con 3 a 6 antenas.

Únicamente dos espacios sensibles tienen alguna antena en las áreas de influencia próximas (0 - 100 m). Sin embargo, la distancia no es la única variable que afecta a la exposición, por lo que futuros estudios deberían medir los niveles de exposición en estas áreas.

Palabras clave: campos electromagnéticos; radiofrecuencia; telefonía móvil; análisis espacial; población vulnerable.

Abstract

In Europe, Council Recommendation 1999/519/EC sets the limits and reference levels for the exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz). Several European countries, Spain included, have set limits and/or more restrictive

measures in areas known as “sensitive areas” based on the duration of the exposure and the presence of sensitive population. The aim of this study was to describe the location and proximity of mobile telephony antennas to the sensitive areas in the municipalities which are part of the INMA-Gipuzkoa project.

The antennas and the sensitive areas (schools, health centers, old people’s home residences and public parks) were georeferenced. Area of influence of 50, 100, 300 and 600 meters were created around the sensitive areas and mobile telephony antennas were counted in each one of them.

A total of 247 sensitive areas and 156 antennas were found. 54% of the antennas were located within the established catchment areas. Except for a health center and a park, the rest of the sensitive areas did not have any antenna within a 100-m radius. 47% of the sensitive areas had at least one antenna within a 600 m radius, 20.6% between 1 and 3 antennas and 21.5% between 4 and 6 antennas. Only two sensitive areas had some antenna in the nearby catchment areas (0- 100 m). Nevertheless, distance is not the only variable affecting exposure, so future studies should measure exposure levels in these areas.

Key words: electromagnetic fields; radiofrequency; mobile telephony; spatial analysis; vulnerable population.

Resumo

Na Europa, a recomendação 1999/519/EC estabelece as restrições e níveis de referência para a exposição do público em geral, a campos eletromagnéticos. Vários países europeus, incluindo Espanha, estabeleceram medidas e/ou limites mais restritivos em áreas denominadas “espaços sensíveis” com base na duração da exposição e na presença de população sensível.

O objetivo deste estudo é descrever a localização e a proximidade das estações de telemóvel em espaços sensíveis nos municípios do projeto INMA-Gipuzkoa.

Foram georreferenciadas as estações e os espaços sensíveis (escolas, centros de saúde, residências e parques públicos). Criaram-se áreas de influência de 50, 100, 300 e 600 metros à volta dos espaços sensíveis e contabilizaram-se as antenas em cada uma delas. Foram contabilizados 247 espaços sensíveis e 156 antenas. 54 % das antenas localizaram-se dentro das áreas de influência estabelecidas. À exceção de um centro de saúde e um parque, os restantes espaços sensíveis não apresentaram nenhuma antena num raio de 100 metros. 47 % dos espaços sensíveis apresentaram pelo menos uma antena num raio de 600 metros, 20,6 % contavam com 1 a 3 e 21,5 % com 3 a 6 antenas.

Apenas dois espaços sensíveis têm alguma antena nas áreas de influência próximas (0- 100 m). Não obstante, a distância não é a única variável que afeta a exposição, pelo que futuros estudos deveriam medir os níveis de exposição nestas áreas.

Palavras-chave: campos eletromagnéticos; radiofrequência; telemóvel; análise espacial; população vulnerável.

INTRODUCCIÓN

Los campos electromagnéticos de radiación no ionizante (CEM-RNI) están cada vez más presentes en nuestro entorno y la preocupación que suscitan en la población en cuanto a los posibles efectos a largo plazo en la salud va en aumento. Desde la introducción de los teléfonos móviles en la década de los 90, se ha producido un aumento rápido y generalizado en el número de antenas de telefonía móvil¹. Según los datos de la última encuesta a la población realizada por la Comisión Europea² en el año 2010 las antenas de telefonía móvil son las fuentes de CEM-RNI que más preocupación generan en la población después de las líneas de alta tensión. El 70 % de los europeos y 75 % de los españoles encuestados creen que las antenas de telefonía móvil tienen efectos sobre la salud en mayor o menor medida².

En Europa el marco legal actual en relación a la protección radioeléctrica viene determinado por la recomendación 1999/519/EC, que establece las restricciones básicas y niveles de referencia para la exposición del público general a CEM-RNI³. Los niveles de referencia establecen el nivel máximo permitido de exposición a los CEM-RNI para el público

general. Esta recomendación se basa en las directrices de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)⁴. Para las frecuencias en las que opera la telefonía móvil se establecen diferentes niveles de referencia en cuanto a densidad de potencia dependiendo de la frecuencia en la que operen. Para frecuencias entre 900 y 2000 MHz el nivel de referencia se calcula dividiendo la frecuencia por 200 (f/200), dando como resultado un nivel máximo de 4,5 W m⁻² para la frecuencia de 900 MHz. Para las frecuencias entre 2000 y 2600 MHz el nivel de referencia se restringe a 10 W m⁻². La mayoría de los Estados Miembros han adoptado estas recomendaciones aunque algunos de ellos han establecido límites más restrictivos o medidas adicionales. En ocasiones estos límites más restrictivos se aplican exclusivamente en áreas que se han denominado “espacios sensibles”, en base a la duración de la exposición y al tipo de población expuesta (niños, ancianos y enfermos)⁵.

En España el Real Decreto 1066/2001, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, transpuso la recomendación europea con los mismos

límites y restricciones, pero adoptó medidas adicionales de protección con respecto a las zonas sensibles⁶. El artículo 8 de este Real Decreto y la Orden CTE/23/2002 establecen la obligación de justificar la minimización de la exposición, a las estaciones radioeléctricas ubicadas en suelo urbano situadas en un entorno de 100 m de guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o centros geriátricos^{6,7}. A pesar de esta regulación estatal y según la encuesta realizada por la Comisión Europea en 2010², los españoles consideraban necesarias la toma de determinadas medidas por parte de las autoridades como: mayor información a la población (56 %), el establecimiento de estándares de seguridad (36 %) y la elaboración de guías para la protección de los ciudadanos (30 %).

Las principales limitaciones a las que se enfrentan las autoridades para dar respuesta a esta demanda ciudadana son, por una parte, la ausencia de un consenso claro sobre las consecuencias en salud por exposición a CEM-RNI y, por otra, el desconocimiento de los niveles reales de la exposición en población general. Por este motivo, se hace necesario cuantificar, modelizar y elaborar mapas de exposición para conocer el nivel de exposición de la población.

Este estudio representa el primer paso dentro de este objetivo y describe la localización y cantidad de antenas de telefonía móvil en el área de estudio INMA-Gipuzkoa así como su proximidad a espacios sensibles.

METODOLOGÍA

a. ZONA DE ESTUDIO

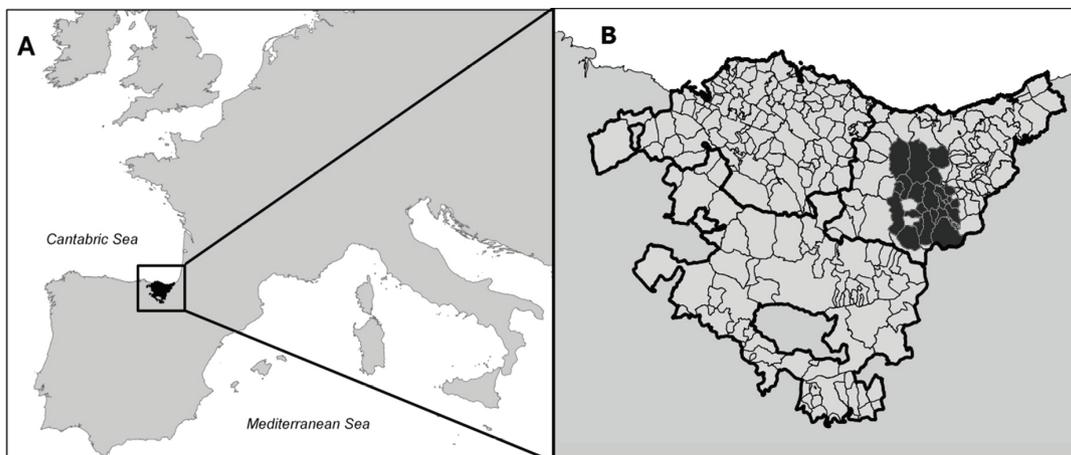
El área de estudio abarca los municipios de residencia de los participantes en el proyecto Infancia y Medio Ambiente (www.proyectoinma.org/). Se trata de un estudio epidemiológico prospectivo de seguimiento que se inició en 2006 y que está compuesto por 638 díadas madre-hijo que estudia los efectos de la exposición precoz a factores ambientales en el desarrollo y salud infantil⁸. La zona de estudio está situada al sur de la provincia de Gipuzkoa (Figura 1) y está compuesta por 23 municipios de las comarcas de Goierri y Alto y Medio Urola, que cuentan con un total de 95 442 habitantes.

b. GEORREFERENCIACIÓN DE ANTENAS DE TELEFONÍA MÓVIL Y ESPACIOS SENSIBLES

Se georreferenciaron todos los parques públicos, guarderías y centros escolares (infantil, primaria y secundaria), centros de salud (ambulatorios, centros de salud, consultorios de atención primaria, centros de salud mental y hospitales) y residencias de ancianos y centros de día de la zona de estudio. Asimismo, se georreferenciaron las antenas de telefonía de la zona de estudio y de los municipios colindantes.

La información referente al número y ubicación de espacios sensibles fue facilitada por los Ayuntamientos, los Departamentos de Salud y Educación del Gobierno Vasco y el Departamento de Política Social de la Diputación Foral de Gipuzkoa. A partir de la aplicación Infoantenas (<http://geoportal.minetur.gob.es/VCTEL/vcne.do>)⁹ del Ministerio de Industria, Energía y Turismo se obtuvieron las localizaciones de cada una de las antenas de telefonía móvil.

Figura 1. (A) Localización de la zona de estudio en Europa. (B) Localización dentro de la Comunidad Autónoma del País Vasco CAPV (gris oscuro)



c. ÁREAS DE INFLUENCIA O BUFFERS

El área de influencia o *buffer* es una herramienta clave para abordar el análisis de proximidad. Con ella se crean áreas de diferente diámetro alrededor de los elementos geográficos de interés, ya sean puntos, líneas o polígonos¹⁰.

Para crear las áreas de influencia o *buffers*, se consideraron las distancias de 100 y 300 m por ser las distancias establecidas en las distintas normativas europeas a la hora de establecer restricciones en el entorno de los espacios sensibles^{5,7}. Con la finalidad de introducir áreas menos y más restrictivas a estas se incorporaron las distancias de 50 y 600 m. Los *buffers* se crearon alrededor de los espacios sensibles. La información geográfica se analizó mediante ArcGIS 10.22 y Quantum Gis Desktop 2.2.0.

RESULTADOS

En los 23 municipios que forman parte del área de estudio se identificaron 156 antenas de telefonía móvil y 247 espacios sensibles. En función del uso, los espacios sensibles se categorizaron en escuelas (23 %), centros sanitarios (11 %), residencias de ancianos y centros de día (5 %) y parques y plazas (61 %) (Tabla 1). De las 56 escuelas identificadas, 8 (14 %) son centros de educación secundaria, y el resto centros de educación infantil y primaria o exclusivamente de educación infantil, donde acuden niños de 0 a 6 años, la población considerada más vulnerable.

La tabla 2 recoge el número y porcentaje de espacios sensibles que tienen al menos una antena de telefonía móvil en las áreas de influencia estudiadas. A excepción de un centro sanitario, ningún espacio sensible tiene antenas de telefonía móvil en un radio menor o igual a 50 m. Entre 50 y 100 m sólo un parque tiene alguna antena. Es en el *buffer* de 100 a 300 m donde se generaliza la presencia de, al menos,

una antena alrededor de todos los espacios sensibles, a excepción de las escuelas de secundaria que no cuentan con ninguna antena hasta una distancia mínima de 300 m. Considerando el total de *buffers*, 14 centros sanitarios (51,9 %), 74 parques y plazas (49 %), 6 residencias (46,2 %) y 20 escuelas (35,7 %) tienen al menos una antena en una distancia de entre 0 a 600 m.

Tabla 1. Número de espacios sensibles y antenas de telefonía móvil de la zona de estudio INMA

Tipo espacio sensible	Número
Escuelas	56
Educación infantil y primaria (0-12 años) (EIP)	48
Educación secundaria (12-16 años) (ES)	8
Centros sanitarios	27
Residencias de ancianos	13
Residencias con alojamiento	8
Centros de día	7
Parques y plazas	151
Antenas de telefonía móvil	156

EIP: Educación infantil y primaria. ES: Educación secundaria.

Al considerar los espacios sensibles, se observan diferencias en el número de antenas presentes en cada uno de los *buffers* o áreas de influencia (Tabla 3). En el *buffer* de 0 a 50 m, únicamente hay un centro sanitario influenciado por una antena de telefonía móvil. En el área de influencia de 50 a 100 m hay un parque que tiene 4 antenas. Entre 100 y 300 m los espacios sensibles tienen entre 1 y 6 antenas. Es a partir de 300 m donde se concentran el mayor número de antenas como es el caso de los centros educativos y parques, que tienen entre 7 y 10 antenas y más de 10, en el caso de un centro de salud.

Tabla 2. Número y porcentaje de espacios sensibles con al menos una antena de telefonía móvil en las distintas áreas de influencia

Distancia (m)	Escuelas (n=54)		Centros sanitarios (n= 27)	Residencias (n=13)	Parques y plazas (n=151)
	EIP	ES			
0-50	-	-	1 (3,7)	-	-
50-100	-	-	-	-	1 (0,7)
100-300	2 (4,2)	-	5 (18,5)	1 (7,7)	16 (10,6)
300-600	15 (31,3)	4 (50,0)	10 (37,0)	6 (46,2)	65 (43,1)
Total 0-600*	16 (33,3)	4 (50,0)	14 (51,9)	6 (46,2)	74 (49,0)

EIP: Educación infantil y primaria. ES: Educación secundaria.

Entre paréntesis, porcentajes calculados en base al total de cada tipo de espacio sensible.

*Algunos espacios sensibles se repiten en diferentes filas debido a que presentan antenas en diversas áreas de influencia por lo que la suma del total espacios en 0-600 m no siempre coincide con la suma de los espacios por columna.

Tabla 3. Número y porcentaje de espacios sensibles según la cantidad de antenas de telefonía móvil presentes en las distintas áreas de influencia

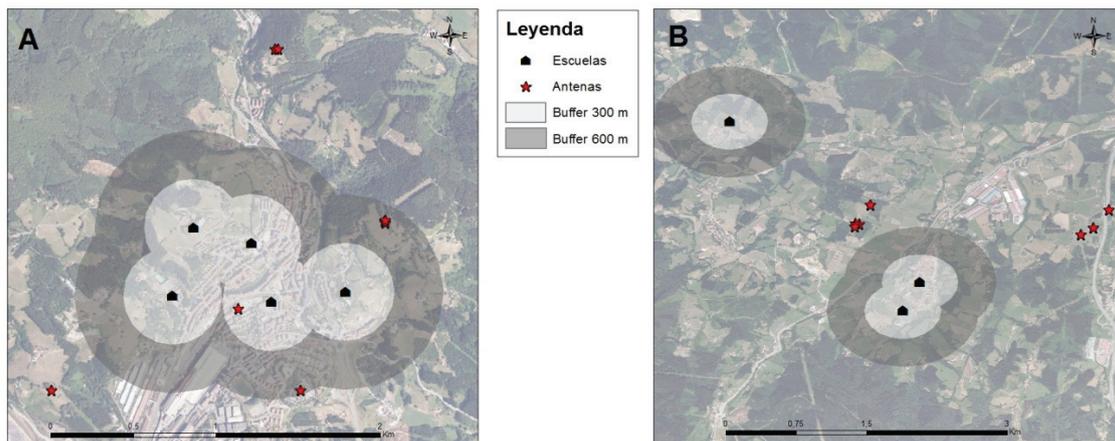
Distancia	Número antenas	Escuelas		Centros de salud	Residencias	Parques y plazas
		EIP	ES			
0-50	1-3	-	-	1 (100,0)	-	-
50-100	4-6	-	-	-	-	1 (100,0)
100-300	1-3	1 (50,0)	-	3 (60,0)	1 (100,0)	7 (43,8)
	4-6	1 (50,0)	-	2 (40,0)	-	9 (56,2)
	7-10	-	-	-	-	-
	>10	-	-	-	-	-
300-600	1-3	6 (40,0)	2 (50,0)	5 (50,0)	4 (66,7)	34 (52,3)
	4-6	7 (46,7)	1 (25,0)	4 (40,0)	2 (33,3)	24 (36,9)
	7-10	2 (13,3)	1 (25,0)	-	-	7 (10,8)
	>10	-	-	1 (10,0)	-	-
Total 0-600*	1-3	6 (37,5)	2 (50,0)	6 (42,9)	4 (66,7)	33 (44,6)
	4-6	8 (50,0)	1 (25,0)	7 (50,0)	2 (33,3)	34 (46,0)
	7-10	2 (12,5)	1 (25,0)	-	-	7 (9,4)
	>10	-	-	1 (7,1)	-	-

EIP: Educación infantil y primaria. ES: Educación secundaria.

Entre paréntesis, porcentajes calculados en base al total de cada tipo de espacio sensible que cuenta con al menos una antena por área de influencia.

*Algunos espacios sensibles se repiten en diferentes filas debido a que presentan antenas en diversas áreas de influencia por lo que la suma del total espacios en 0-600 m no siempre coincide con la suma de los espacios por columna.

Figura 2. Ejemplo: situación de escuelas y antenas de telefonía móvil en las áreas de influencia de 0-300 y 300-600 metros en la zona de estudio INMA-Gipuzkoa



De las 156 antenas localizadas en la zona de estudio, 85 (54,5 %) se encuentra dentro de una de las áreas de influencia establecidas en este estudio para los espacios sensibles. El resto, se encuentran situadas a más de 600 m de las áreas definidas como sensibles. En la Figura 2 se representan a modo de ejemplo las escuelas y los

buffers de 300 y 600 m alrededor de las mismas. Se han omitido los buffers de 50 y 100 m por no existir en el caso de escuelas antenas a estas distancias. Las antenas se representan mediante una estrella roja. Dado que algunas de ellas comparten la misma ubicación, se encuentran en el mismo mástil, cada estrella puede representar una o

más antenas. En la Figura 2-A se muestran escuelas que presentan antenas en los *buffers* de 300 y 600 m mientras que en la Figura 2-B las tres escuelas se encuentran situadas a más de 600 m de una antena.

Ninguna de las antenas situadas en poblaciones adyacentes a la zona de estudio se encuentra a menos de 600 m de las áreas sensibles identificadas en los municipios INMA-Gipuzkoa.

DISCUSIÓN

En relación con las medidas de protección de la población frente a las emisiones radioeléctricas, el Real Decreto 1066/2001 establece que los operadores que establezcan redes de radiodifusión deben elaborar un estudio detallado donde se indiquen los niveles de exposición a emisiones radioeléctricas en áreas cercanas a las antenas donde puedan permanecer habitualmente personas. Como medida adicional de protección y cuando la antena esté situada a 100 m de espacios considerados sensibles, el estudio justificará la minimización de los niveles de exposición (Orden CTE/23/2002). En nuestra zona de estudio se han identificado un centro sanitario y un parque que cuentan con 1 y 4 antenas situadas en un radio de 100 m. Sólo estas 5 antenas deberían cumplir con la medida adicional establecida en la Orden. En Europa, países como Francia, Dinamarca, Lituania o Reino Unido, también han establecido medidas adicionales para las antenas cercanas a espacios sensibles como la obligación de minimizar la exposición y compartir ubicación⁵. En Reino Unido, la instalación de antenas en zonas cercanas a escuelas debe comunicarse y consultarse con el centro escolar⁵.

En cuanto a los niveles de referencia para la exposición a radiofrecuencias, la mayoría de los Estados Miembros han adoptado los niveles establecidos en la Recomendación 1999/519/EC. Sin embargo, algunos países han establecido límites más restrictivos. En este sentido, Grecia, además de aplicar una restricción del 30 % para población general, establece una restricción del 40 % para antenas situadas a 300 m de espacios sensibles. Bulgaria, Suiza y Eslovenia, aunque adoptan los niveles de referencia de la recomendación europea para la población general, han establecido reducciones de los niveles entre 10-100 veces en espacios sensibles⁵. A nivel autonómico, Castilla-La Mancha¹¹ y Navarra¹² han establecido niveles más restrictivos para población general. En Castilla-La Mancha el nivel de exposición en suelo urbano se restringe a $10 \mu\text{W cm}^{-2}$ para todas las frecuencias de telefonía móvil; en Navarra se establecen niveles de 2 W m^{-2} y 4 W m^{-2} para las frecuencias de 900 y 1800 MHz. Además, en el interior de los espacios sensibles,

Castilla-La Mancha establece un nivel máximo de densidad de potencia $0,1 \mu\text{W cm}^{-2}$ para cada servicio de telefonía móvil (GSM, DCS y UMTS). Otras comunidades autónomas restringen los niveles de referencia sólo en espacios sensibles (La Rioja 10 %, Castilla León 25 % y Navarra 55 %)¹²⁻¹⁴. En nuestro caso, el 96,7 % de las antenas de la zona de estudio se sitúan a una distancia superior a 100 m de los espacios sensibles. En estos casos, no existe a nivel autonómico ni estatal, ninguna medida adicional, ni restricción, dirigida a minimizar la exposición.

El uso de la distancia a la fuente, como medida de aproximación al nivel de exposición, se ha utilizado en diferentes estudios como medida para valorar los efectos en salud. Los autores refieren las estaciones base de telefonía móvil a las instalaciones donde se ubican una o más antenas. Dode et ál.¹⁵ encontraron correlación espacial entre mortalidad por cáncer y proximidad a estaciones base de telefonía. Se observó una mayor tasa de mortalidad en las áreas situadas a 500 m de estaciones de telefonía. Wolf y Wolf¹⁶ encontraron una incidencia significativamente mayor para todo tipo de cánceres en personas residentes en un radio de 350 m a las estaciones base. Eger et ál.¹⁷ también observaron un riesgo 3 veces mayor de riesgo de cáncer en personas que vivían en un radio de 400 m a las estaciones en relación con los residentes fuera de estas áreas. Sin embargo, otros estudios no han encontrado asociación entre riesgo de cáncer y proximidad a las estaciones de radiofrecuencia¹⁸. También se han estudiado efectos en salud distintos al cáncer encontrándose en algunos casos relación entre distancia a las estaciones y síntomas no específicos como dermatológicos, mareos, fatiga, cansancio, dificultades de concentración o trastornos digestivos, entre otros¹⁹⁻²¹. Por el contrario, muchos autores señalan que la distancia no es una buena variable predictiva para estimar la exposición. Así, algunos autores muestran una asociación baja^{22,23} o negativa²⁴ entre la distancia a las estaciones de telefonía y los niveles de exposición calculados mediante medición. Pollán et ál.²⁵ sugieren que uno de los motivos para esta baja correlación, sería la existencia de elementos físicos que pueden apantallar, difractar o reflejar la radiación. Por tanto, aparte de la distancia es necesario tener en cuenta, a la hora de estimar la exposición, cualquier barrera física como edificios, árboles o montañas.

Otros factores, como la orientación horizontal y vertical de la antena (azimut y downtilt), la potencia o la altura a la que está situada van a determinar también los niveles de exposición. Beekhuizen et ál.²⁴ evaluaron las limitaciones que supone la falta de información sobre ciertas variables relacionadas con la exposición

en la estimación de la exposición real. Concluyeron que variables como la altura, localización, orientación, frecuencia y modelo caja 3D de edificios eran necesarios para una buena estimación de la exposición, mientras que la potencia, la inclinación vertical y el tipo de antena son útiles pero no estrictamente necesarios.

Teniendo en consideración los diversos factores que influyen en la estimación de los niveles de exposición, se han desarrollado modelos predictivos de propagación de radiofrecuencias. El modelo geoespacial NISMap desarrollado por Bürgi et ál.²⁶ ha sido validado para modelizar los CEM procedentes de las antenas base de telefonía móvil y se ha utilizado con éxito en Suiza y en Holanda por Beekhuizen et ál.²⁷, encontrándose una buena correlación entre los niveles de exposición individual medidos mediante dosímetros y los calculados a partir del modelo.

En cuanto a las limitaciones del estudio realizado, debemos que señalar que, por una parte, el estudio se ha centrado exclusivamente en la localización de las antenas de telefonía móvil no siendo estas la única fuente de exposición a radiofrecuencias de la población. No obstante, Joseph et ál.²⁸ compararon la exposición total de radiofrecuencia en cinco ciudades europeas y observaron que en ambiente exterior urbano las antenas de telefonía son, junto con los teléfonos móviles, la fuente más importante de Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia (CEM-RF). Además, las antenas de telefonía, al contrario que el uso del teléfono móvil, generan emisiones que se reciben en campo lejano, lo que supone una exposición continua y homogénea en todo el cuerpo. Otra limitación del estudio es que para llevar a cabo la georreferenciación de espacios sensibles, se han considerado puntos y no áreas, por lo que en el caso de espacios sensibles con una gran superficie como son la mayoría de los considerados, sobre todo los parques públicos, la proximidad a una antena de telefonía móvil podría estar subestimada. Por tanto, si se quiere considerar la situación más desfavorable habría que considerar los espacios como áreas.

Este trabajo representa el primer paso para la caracterización de la exposición a campos electromagnéticos de CEM-RF en la zona INMA-Gipuzkoa. Posteriormente, se identificarán el resto de fuentes, como antenas de radio y televisión, y otros dispositivos que emiten radiofrecuencia, y mediante mediciones directas y el uso de modelos, donde se consideren, además de la distancia, todas las variables que afecten a la propagación de la radiación, se obtendrá una aproximación real de la exposición a radiofrecuencias.

Hasta ahora no se han llevado a cabo muchos estudios orientados a la georreferenciación de antenas de telefonía móvil y su cercanía a espacios con población vulnerable. A nivel estatal únicamente tenemos constancia del estudio realizado en la ciudad de Valencia en el año 2012, en el que se realizó una evaluación de los niveles de campo electromagnético de radiofrecuencias en espacios sensibles que se encontraban en un radio de 100 m de una estación base de telefonía²⁹. En el presente estudio además de las antenas situadas en un radio de 100 m se han georreferenciado las antenas que se encuentran en un radio de 100 a 300 m y de 300 a 600 m con respecto a los espacios sensibles, sin que esto signifique mayor o menor exposición. A pesar de sus limitaciones, la distancia a las antenas es una variable básica a la hora de estimar la exposición a radiofrecuencias. Según Neitzke et ál.²², la distancia puede ser útil para identificar zonas potencialmente más y menos expuestas, reduciendo considerablemente el esfuerzo y el coste de realizar mediciones. De este modo, la identificación de zonas con alta densidad de antenas, puede ser de gran ayuda a la hora de establecer medidas dirigidas a minimizar la exposición de la población en caso necesario. Asimismo, los resultados de este estudio son de gran interés en salud pública ya que van a permitir priorizar áreas para la caracterización de la exposición mediante medición directa de radiofrecuencias.

La percepción ciudadana en relación con la exposición a radiofrecuencias y los efectos derivados en salud ha adquirido una gran relevancia en nuestra sociedad. En la UE, sólo el 20 % de la población afirma haber recibido información sobre los posibles riesgos para la salud y únicamente el 25 % cree que los organismos públicos actúan de manera eficaz frente a los riesgos potenciales para la salud de los CEM. España es el país de la UE donde más ha aumentado la preocupación en los últimos años². Distintos países, comunidades autónomas y algunos ayuntamientos han propuesto el establecimiento de límites de exposición más restrictivos que ha llevado a la ciudadanía a dudar de la certeza y seguridad de los límites de exposición establecidos y sus repercusiones en salud. Todo ello ha contribuido a que los ciudadanos perciban con desconfianza e insatisfacción el papel de las administraciones públicas en la gestión del riesgo derivado de la exposición a CEM-RF².

Como conclusión, en nuestra zona de estudio, a excepción de dos espacios sensibles el resto se encuentran a más de 100 m de las antenas de telefonía, distancia establecida en la Orden CTE/23/2002 para justificar la minimización de los niveles de exposición. No obstante, teniendo en cuenta que la distancia no es la única variable que influye en la exposición, se considera

necesario realizar una investigación exhaustiva acerca de la exposición real de la población general y en particular de la población vulnerable. Esto permitirá dar respuesta a las diversas demandas tanto individuales como colectivas e institucionales, que son una realidad en salud pública. Además, permitirá profundizar en el estudio de los posibles efectos en salud derivados de la exposición contribuyendo a la revisión de los actuales estándares de seguridad.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Departamento de Educación, Política lingüística y Cultura del Gobierno Vasco la ayuda predoctoral de Formación del Personal Investigador no doctor que le ha sido concedida (PRE-2013_1_1145).

El proyecto de caracterización de la exposición a campos electromagnéticos de radiación no ionizante en los niños de la cohorte INMA-Gipuzkoa ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (FIS PI13/02187) y por los ayuntamientos pertenecientes a la zona de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Beekhuizen J, Vermeulen R, Kromhout H, et ál. Geospatial modelling of electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Sci. Total Environ.* 2013; 445-446:202-209.
2. Special Eurobarometer 347/Wave 73.3 - TNS Opinion & Social. 2010.
3. Recomendación 1999/519/CE del Consejo de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz). 1999. DO, L 199, de 30 de julio de 1999.
4. ICNIRP Guidelines "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Health Physics* 1998; 74(4): 494-522.
5. European Commission. Report on the implementation of the Council Recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz). (1999/519/EC) in the EU Member States. Commission staff working paper; 2008.
6. Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre de 2001, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. BOE nº234, de 29 de septiembre.
7. ORDEN CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, así como se dispone el procedimiento para la realización de medidas de niveles de emisión. BOE nº11, de 12 de enero.
8. Guxens M, Ballester F, Espada M, Fernandez MF, Grimalt JO, Ibarluzea J et al. Cohort Profile: the INMA--Infancia y Medio Ambiente--(Environment and Childhood) Project. *Int. J. Epidemiol.* 2012; 41(4):930-40.
9. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Servicio de información sobre instalaciones radioeléctricas y niveles de exposición [citado el 15 de febrero de 2014] Disponible en: <http://http://geoportal.minetur.gob.es/VCTEL/vcne.do>
10. Aránguez Ruiz E, Arribas García M, Aránguez Gilarranz J, Ordoñez Iriarte JM. Salud y territorio. Aplicaciones prácticas de los sistemas de información geográfica a la salud ambiental. Serie De aeribus, aquis et locis nº2. Madrid. Sociedad Española de Sanidad Ambiental. 2012.
11. Ley 8/2001, de 28 de junio, para la Ordenación de las Instalaciones de Radiocomunicación en Castilla-La Mancha. BOE nº 227, de 21 de Septiembre.
12. Ley Foral 10/2002, de 6 de mayo, para la ordenación de las estaciones base de telecomunicación por ondas electromagnéticas no guiadas en la Comunidad Foral de Navarra. BOE nº 129, de 30 de Mayo de 2002.
13. Decreto 40/2002, de 31 de julio, de Ordenación de instalaciones de radiocomunicaciones en el ámbito de la Comunidad Autónoma de La Rioja. BOR nº 99, de 15 de agosto de 2002.
14. Decreto 267/2001, de 29 de noviembre, relativo a la instalación de Infraestructuras de Radiocomunicación. BOCL nº 233, de 30 de Noviembre de 2001.
15. Dode AC, Leao MM, Tejo FA, et ál. Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. *Sci. Total Environ.* 2011; 409(19):3649-65.
16. Wolf R, Wolf D. Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station. *Int. J. Canc. Prev.* 2004; 1(2):123-8.
17. Eger H, Hagen KU, Lucas B, et ál. The Influence of Being Physically Near to a Cell Phone Transmission Mast on the Incidence of Cancer. *Umwelt - Medizin - Gesellschaft* 2004; 17(4):326-32.
18. Elliott P, Toledano MB, Bennett J, et ál. Mobile phone base stations and early childhood cancers: case-control study. *BMJ.* 2010; 340:c3077.
19. Santini R, Santini P, Le Ruz P, et ál. Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations. *Electromagn. Biol. Med.* 2003; 22(1):41-9.
20. Navarro EA, Segura J, Portoles M, Gomez-Perretta C. The Microwave Syndrome: a Preliminary Study in Spain. *Electromagn. Biol. Med.* 2003; 22(2-3):161-9.
21. Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szyjkowska A, Polanski P, Mamrot P, Szymczak W et al. Subjective complaints of people living near mobile phone base stations in Poland. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2012; 25(1):31-40.

22. Neitzke HP, Osterhoff J, Peklo K, Voigt H. Determination of exposure due to mobile phone base stations in an epidemiological study. *Radiat. Prot. Dosimetry* 2007; 124(1):35-9.
23. Ayinmode BO, Farai IP. Study of variations of radiofrequency power density from mobile phone base stations with distance. *Radiat. Prot. Dosimetry* 2013; 156(4):424-8.
24. Beekhuizen J, Kromhout H, Burgi A, et ál. What input data are needed to accurately model electromagnetic fields from mobile phone base stations? *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2014; doi: 10.1038/jes.2014.1.
25. Pollán Santamarina M. Qué sabemos a partir de los estudios epidemiológicos sobre la exposición residencial a ondas de radiofrecuencia y su relación con el cáncer. *Rev. salud ambient.* 2004; 4(1-2):15-9.
26. Burgi A, Theis G, Siegenthaler A, Roosli M. Exposure modeling of high-frequency electromagnetic fields. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2008; 18(2):183-91.
27. Beekhuizen J, Vermeulen R, Kromhout H, et ál. Geospatial modelling of electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Sci. Total Environ.* 2013; 445-446: 202-9.
28. Joseph W, Frei P, Roosli M, et ál. Comparison of personal radio frequency electromagnetic field exposure in different urban areas across Europe. *Environ. Res.* 2010; 110(7):658-63.
29. Servicio de Control Radioeléctrico Medioambiental (SCRM) del Centro Tecnológico ITACA. Informe de medidas realizadas en espacios sensibles del municipio de Valencia conforme a la ordenanza reguladora de la instalación, modificación y funcionamiento de los elementos y equipos de telecomunicación que utilicen el espacio radioeléctrico, del Ayuntamiento de Valencia, modificada por acuerdo de 24 de junio de 2005. 2012.