



El Mar de ondas de Radiofrecuencia que nos rodea

Raquel Ramirez-Vazquez^a, Silvia G. Maffey^b, Jesus Gonzalez-Rubio^c, Alberto Najera^c, Enrique Arribas^a

^aDepartamento de Física Aplicada. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Albacete, España.

^bInstituto Politécnico Nacional. México. Mz.II, edif. 24-A-202, UH Lindavista Vallejo. Ciudad de México. 07720.

^cDepartamento de Ciencias Médicas. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Albacete, España.

ARTICLE INFO

Received: June 10, 2017

Accepted: July 13, 2017

Available on-line: October 4, 2017

Keywords: Campos electromagnéticos de radiofrecuencia. Exposición personal. Divulgación y educación con ciencia. (Radiofrequency electromagnetic fields. Personal exposure. Dissemination and education with Science)

E-mail addresses:

Raquel.Ramirez5@alu.uclm.es

smafev@ipn.mx

jesus.gonzalez@uclm.es

alberto.najera@uclm.es

enrique.arribas@uclm.es

ISSN 2007-9842

© 2017 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

During the last decades, the emission of waves produced by electromagnetic fields of radiofrequency (CEM-RF) has experienced a significant increase. Recently, the development of personal exposure meters (PEM) has allowed to describe in detail the spectrum of the electromagnetic radiation to which the population is subjected and the contribution of each frequency band: radio, television, mobile telephone antennas, wireless telephony Or Wi-Fi networks in various European cities.

In parallel with the increased exposure to EMF-RF, the population's concern with regard to possible health effects has increased. Among the emission sources, the large number of mobile telephone antennas, which have been the subject of numerous studies, stand out. However, many of these studies, which have addressed possible health effects of emitted radiations, have focused on the location of antennas and the proximity of disease cases exclusively, rather than on disseminating the results with the society.

The studies with personal exposure meters aim to characterize the personal exposure of the population and to measure the typical levels of exposure in different microenvironments, urban areas in the open air, inside houses, etc.

The objective of this project will be to measure the intensity of the RF waves in an Institute and in a School of Albacete, to know the levels of personal exposure, to these waves coming from the mobiles, the antennas, the wifis, that are Receive in the work environments and compare them with the applicable regulations. The Institute and the College will be selected when the time comes, after requesting authorization from the respective directors and the Provincial Directorate of Education. In addition, through the evidence we want to disseminate and educate with science, sharing the results and making society a participant.

Durante las últimas décadas, la emisión de ondas producidas por los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEM-RF) ha experimentado un incremento importante. Recientemente, el desarrollo de los exposímetros personales (PEM), ha permitido describir con detalle el espectro de la radiación electromagnética a la que está sometida la población y la contribución de cada banda de frecuencia: radio, televisión, antenas de telefonía móvil, telefonía inalámbrica o redes wifi en diversas ciudades europeas.

Paralelamente al incremento de la exposición a los CEM-RF, ha aumentado la preocupación de la población respecto a los posibles efectos sobre la salud. Entre las fuentes de emisión, destacan por su elevado número las antenas de telefonía móvil, que han sido objeto de múltiples estudios. Sin embargo, muchos de estos estudios, que han abordado los posibles efectos sobre la salud, de las radiaciones emitidas, se han centrado en la ubicación de las antenas y en la cercanía de los casos de enfermedad exclusivamente, y no en divulgar los resultados con la sociedad.

Los estudios con exposímetros personales tienen como objetivo, caracterizar la exposición personal de la población y, medir los niveles de exposición típicos en diferentes microambientes, zonas urbanas al aire libre, dentro de las casas, etc.

El objetivo de este proyecto será medir la intensidad de las ondas de RF en un Instituto y en un Colegio de Albacete, para conocer los niveles de exposición personal, a dichas ondas procedentes de los móviles, de las antenas, de las wifis, que se recibe en los ambientes de trabajo y compararlos con las normativas aplicables. El Instituto y el Colegio se seleccionarán cuando llegue el momento, tras pedir autorización a los respectivos directores y la Dirección Provincial de Educación. Además, a través de la evidencia queremos divulgar y educar con ciencia, compartiendo los resultados y haciendo partícipe a la sociedad.

I. INTRODUCCIÓN

La evolución de las especies ha conducido a que nos hayamos adaptado a vivir en un entorno de ondas electromagnéticas de baja frecuencia y de baja intensidad de origen natural: procedentes del Sol y de las tormentas.

Además, nos hemos acostumbrado al débil campo magnético terrestre, que es prácticamente estacionario. Pero la actividad humana ha alterado este equilibrio natural con campos electromagnéticos más intensos y con una distribución espectral de frecuencias muy diferente. En las dos últimas décadas, la exposición personal a CEM-RF se ha ido incrementando y, en consecuencia, ha aumentado la preocupación respecto a los posibles efectos sobre la salud.

I.1 El espectro electromagnético

El espectro electromagnético engloba toda la radiación electromagnética y la clasifica de acuerdo con su energía, y por tanto con su frecuencia, desde la radiación de menor longitud de onda (mayor frecuencia), como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda (menor frecuencia), como son las ondas de radio. Además de la división en las principales bandas indicadas, de acuerdo con la capacidad de interactuar con la materia, la radiación electromagnética se puede dividir en ionizante y no ionizante (Figura 1).

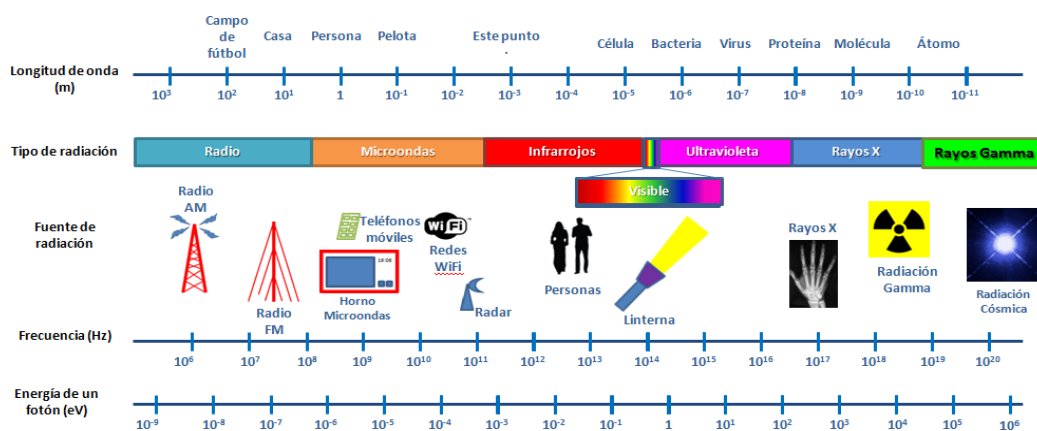


FIGURA 1. El espectro electromagnético.

La **radiación ionizante** es una radiación de alta frecuencia que tiene suficiente energía para arrancar un electrón de un átomo o molécula (ionizar) y puede causar daños en los organismos, que dependen de la dosis absorbida. Por el contrario, la **radiación no ionizante** es una radiación de frecuencias más bajas que no tiene suficiente energía para arrancar los electrones o causar daño directo al ADN.

I.2 Exposímetros

La World Health Organization indica la necesidad de mejorar la evaluación de la exposición personal a CEM-RF para la realización de estudios epidemiológicos; para ello, es necesario conocer con detalle la exposición de la

población a estas emisiones, con el fin de poder compararlas con los estándares seguros recogidos en la legislación vigente (Knafl, Lehmann, & Riederer, 2008). Las personas se desplazan a través del espacio a lo largo de su vida cotidiana y las emisiones de radiofrecuencia (RF) también pueden variar con el tiempo y en el espacio. Por lo tanto, en muchas situaciones es adecuado contar con un instrumento que se pueda llevar junto al cuerpo y que mida los CEM-RF a los que se expone una persona, cuando está trabajando o cuando realiza otro tipo de actividades, fue así como se desarrollaron los primeros exposímetros.

Los exposímetros de banda estrecha discriminan por banda de frecuencia, proporcionando una descripción más detallada de la exposición. El exposímetro Satimo EME Spy es capaz de medir hasta 20 bandas de frecuencia (modelo 200), de 88 MHz a 5850 MHz, identificando la contribución de cada emisor al campo total. Además, es capaz de registrar medidas en periodos de tiempo de entre 2 y 255 segundos. Los exposímetros Spy de última generación permiten observar las mediciones a tiempo real mediante una aplicación de Android para el teléfono móvil. La sensibilidad del exposímetro varía, para el modelo Spy 200, entre $0.3 \mu\text{W}/\text{m}^2$ y $0.06 \mu\text{W}/\text{m}^2$, dependiendo de la banda de frecuencia. Las principales ventajas de este tipo de exposímetros son el fácil manejo para los participantes de los estudios y la gran cantidad de datos de exposición personal que se pueden obtener, hay que tenerlas en cuenta. Sin embargo, si las medidas se toman cerca del cuerpo, éste las condiciona debido al efecto que tiene al apantallar la señal.

Cuando un exposímetro se lleva cerca del cuerpo, mide la suma del campo incidente (directo) y del campo dispersado por el cuerpo, tanto el reflejado como el transmitido, como resultado de la reflexión y el flujo de corriente en los tejidos del cuerpo (Najera Lopez, Gonzalez-Rubio, Villalba Montoya, & Arribas, 2015). Las ondas de RF son capaces de penetrar en los tejidos orgánicos y les comunican energía debido a las oscilaciones de los átomos que los componen. Esta cantidad de energía absorbida por unidad de masa y de tiempo es la que se denomina SAR. En la figura 2, se muestran los porcentajes de la intensidad de la onda de RF reflejada, transmitida, absorbida y medida en un experimento con exposímetros cercanos al cuerpo humano (Arribas, Barrera, Beléndez, González-Rubio, & Nájera, 2014).

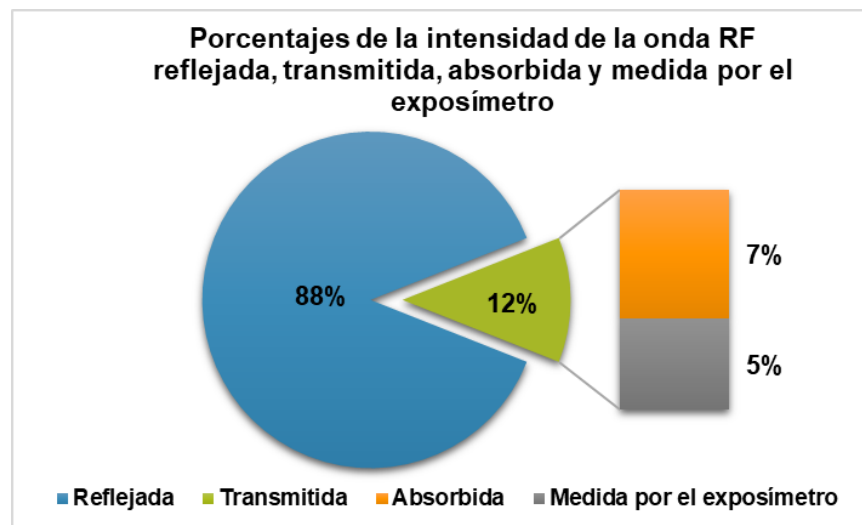


FIGURA 2. Porcentajes de la intensidad de onda de RF.

I.3 Estudios con exposímetros personales

A continuación, se describen de manera resumida, algunos de los estudios, realizados mediante el uso de exposímetros personales, que han caracterizado la exposición personal a CEM-RF y/o analizan la exposición en diferentes microambientes. Países Bajos: Bolte et al. (2008). Grecia: Manasas et al. (2012). Suiza: Rössli et al., (2007), describe los niveles de exposición y la contribución de las diferentes fuentes de CEM-RF en Basilea (Suiza), mediante exposímetros EME Spy 120. Sagar et al. (2016), usan exposímetros portátiles para monitorear la exposición personal a

RF-EMF. Alemania: Thomas et al. (2008). La exposición general a los CEM-RF fue muy por debajo del nivel de referencia ICNIRP. Hungría: Thuroczy et al. (2008). Francia: Viel et al. (2009). Verloock et al. (2014) caracterizan la exposición en las áreas donde es importante la presencia de niños. Aminzadeh et al. (2016) utilizaron exposímetros personales bajo la exposición difusa en ambientes interiores. Australia y Bélgica: Bhatt et al. (2016), evaluaron la exposición personal de diversas fuentes de RF-EMF en 38 microambientes (19 en cada país). Los niveles de exposición obtenidos estaban muy por debajo de los niveles de referencia públicos generales recomendados en las directrices de la ICNIRP y la Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA, 2015).

I.4 Análisis de datos espaciales

Los datos espaciales representan información sobre la ubicación física y la forma de los objetos geométricos etc. (Bivand, Roger S; Pebesma, Edzer; & Gómez-Rubio, Virgilio, 2013). El análisis de datos espaciales o análisis de la información geográfica implica al menos cuatro grandes áreas identificables en la bibliografía, cada una usando el término de diferente manera (O'Sullivan, David, 2010): Manipulación de datos espaciales; Análisis de datos espaciales descriptivo y exploratorio; Análisis estadístico espacial; y Modelado espacial. En primer lugar, se recogen los datos, se visualizan, y se describen (Andy Mitchell, 1999, 2005). Posteriormente, mediante distintas técnicas exploratorias se plantean teorías sobre los fenómenos de interés. A continuación, estas teorías se someten a pruebas utilizando técnicas estadísticas espaciales como Unwin (Unwin, 1981). Las teorías podrían entonces ser la base de modelos informáticos de los fenómenos, y sus resultados pueden a su vez, ser objeto de nuevas investigaciones y análisis. Las herramientas más utilizadas para el estudio de la autocorrelación son los índices de Moran (I de Moran), de Geary (C de Geary), la función de semivariograma y el índice bayesiano empírico. Para el cálculo de estos índices es necesario definir previamente, la proximidad entre las áreas. La construcción de ponderaciones espaciales es tratada por O'Sullivan y Unwin (2010).

I.4 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es presentar la metodología propuesta para medir la intensidad de las ondas de RF en un Instituto y en un Colegio de Albacete, para conocer los niveles de exposición personal a las ondas de RF (procedentes de los móviles, de las antenas, de las wifis) que se recibe en los ambientes de trabajo y compararlos con las normativas aplicables; con el fin de educar y divulgar con la Ciencia y la evidencia a la sociedad.

II. METODOLOGÍA

II.1 Exposímetro

El exposímetro elegido para realizar el trabajo experimental es el modelo EME Spy 140 de Satimo. Su característica principal es que es capaz de medir hasta 14 bandas de frecuencia (desde 88 MHz hasta 5 GHz), identificando la contribución de cada emisor al campo total. Puede registrar 12540 medidas en periodos de tiempo de entre 4 y 255 segundos.

Los exposímetros se llevarán sujetos en tubo de cartón de 1.5 metros, y se recorrerá caminando cada uno de los puntos seleccionados para medir. Si fuera necesario, también usaremos dos exposímetros para intentar minimizar el efecto del cuerpo (Najera Lopez et al., 2015), aunque el tubo de cartón en el que se sujetarán los exposímetros se llevará en lo alto.

Cuando midamos las intensidades de las ondas de RF debemos tener en cuenta la existencia del fading. En telecomunicaciones inalámbricas se denomina fading a la variación de la atenuación que sufre una señal electromagnética, que emite con una cierta frecuencia, cuando recorre su camino dentro de una ciudad. Las ondas de RF se reflejan en los edificios y otras estructuras ciudadanas, dando lugar a múltiples caminos desde el transmisor al receptor, lo que genera variaciones en la intensidad de la onda. A veces se considera como un proceso estocástico, es

decir, su comportamiento es no determinista, debido a que el estado siguiente del sistema está determinado tanto por las acciones predecibles del proceso como por otros elementos aleatorios.

II.2 Características del estudio

El tipo de estudio que realizaremos para conseguir los objetivos de este trabajo es un estudio epidemiológico ecológico, en el que se analizan poblaciones geográficamente delimitadas. Un estudio ecológico es un estudio epidemiológico en el que se pretende establecer un vínculo espacial (geográfico o de microambientes) de alguna enfermedad para intentar identificar la causa, o causas, que la producen. Ese enfoque es una de las bases de la epidemiología moderna que tan fructíferos resultados está generando. Como paso posterior, resultará de interés observar si estas agrupaciones geográficas se encuentran cercanas a fuentes de emisión o a zonas con exposiciones más elevadas, de esta forma se podrá estudiar si existe algún tipo de correlación espacial entre factores ambientales y la incidencia de las enfermedades estudiadas. Para ello, normalmente se utilizan los estudios ecológicos. Este tipo de estudios se centran en la comparación de los grupos, en lugar de los individuos y han sido utilizados con éxito en diversas áreas de investigación (Brotherton et al., 2011; Collin et al., 2008; Davis, Goedel, Emerson, & Guven, 2017; Kennedy, 1996).

Cuando los experimentos en epidemiología (ensayos clínicos, ensayos de intervención comunitaria, etc.) no son factibles, se diseñan los estudios observacionales (estudios de cohortes, de casos y controles) que intentan simular lo que se habría obtenido si se hubiese realizado un experimento controlando, en la medida de lo posible, todas las variables. Sin embargo, en algunas ocasiones (sobre todo cuando se trabaja en epidemiología ambiental) es muy difícil disponer de mediciones de exposición personal necesarias para estos estudios observacionales por la gran cantidad de personas involucradas, y para preservar su intimidad. En otras ocasiones, como en el caso de los exposímetros personales que se utilizarán en este estudio, la medición de la exposición no puede prolongarse de forma continuada demasiado en el tiempo. Por este motivo, en estas situaciones, los estudios ecológicos son casi los únicos estudios epidemiológicos posibles, a pesar de sus limitaciones (Gonzalez-Rubio, Arribas, Ramirez-Vazquez, & Najera, 2017; Gonzalez-Rubio, Najera, & Arribas, 2016).

De los distintos tipos de estudio existentes, el elegido para este trabajo es un estudio ecológico de grupos múltiples, que analiza la asociación entre los niveles de exposición promedios y la frecuencia de la enfermedad en diferentes áreas (microambientes). El criterio a la hora de elegir realizar un estudio ecológico en este trabajo se ha basado fundamentalmente en las siguientes ventajas sobre otros diseños: Permiten estudiar grandes grupos de población, son el primer paso que permite plantear nuevas hipótesis, antes de realizar otros análisis, y se estudia la salud desde un punto de vista global, donde la salud de un grupo es más que la suma de la salud de los miembros individuales ambientales.

II.3 Kriging

Para predecir los valores de las variables en sitios no muestreados, utilizaremos un nuevo método de interpolación para sistemas de información geográfica, denominado Kriging, a través del cual podemos estudiar una variable en una zona mayor del plano que donde hemos hecho las medidas, suponiendo que la variación espacial tiene el mismo patrón.

II.4 Software

Utilizaremos varios programas para el manejo de los datos: el denominado R, ArcGis versión 10.2 y SPSS versión 15.0, que se utilizará para complementar los análisis estadísticos realizados por R y Excel.

III. RESULTADOS

Con el desarrollo de esta propuesta, es decir, esta metodología (figura 3), se pretenden obtener los siguientes resultados: Elaborar el protocolo de medición de exposición personal a CEM-RF en un instituto y colegio de la ciudad

de Albacete; seleccionar el área y los puntos críticos (interior y exterior) para realizar las mediciones; medir la exposición personal a los CEM-RF en diferentes puntos seleccionados; realizar el análisis estadístico de los datos resultantes de las mediciones; georreferenciar los puntos medidos y a través del método Kriging (interpolación espacial) elaborar los mapas de intensidad de exposición a CEM-RF; y finalmente, elaborar los informes de medición

que serán compartidos y divulgados a través de conferencias.

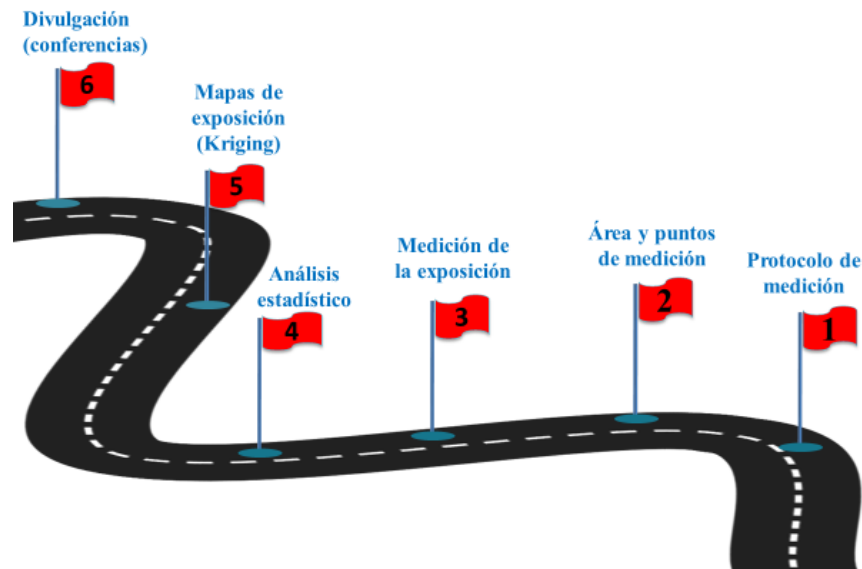


FIGURA 3. Metodología propuesta.

IV. CONCLUSIONES

Con este trabajo se aplicará la metodología propuesta que permitirá medir la intensidad de las ondas de RF en un Instituto y en un Colegio de Albacete, para conocer los niveles de exposición personal a las ondas de RF (procedentes de los móviles, de las antenas, de las wifis) que se recibe en los ambientes de trabajo, mismos que serán comparados con las normativas aplicables.

Además, se llevará a cabo una labor muy importante, que es educar y divulgar con la Ciencia y la evidencia a la sociedad, ya que este es un tema que de cierta manera aterroriza a la población.

REFERENCIAS

Aminzadeh, R., Thielens, A., Bamba, A., Kone, L., Gaillot, D. P., Lienard, M., Joseph, W. (2016). On-body calibration and measurements using personal radiofrequency exposimeters in indoor diffuse and specular environments. *Bioelectromagnetics*, 37(5), 298-309. <https://doi.org/10.1002/bem.21975>

Andy Mitchell. (1999). *The ESRI Guide to GIS Analysis: Geographic Patterns and Relationships*. Vol. 1 by Andy Mitchell: Environmental Systems Research Institute Inc., U.S. 9781879102064 - Anybook Ltd. Recuperado 30 de enero de 2017, a partir de <https://www.abebooks.co.uk/ESRI-Guide-GIS-Analysis-Geographic-Patterns/15307630784/bd>.

Andy Mitchell. (2005). *ESRI Guide to GIS Analysis: V. 2: Spatial Measurements Statistics* by Andy Mitchell: Esri Press, United States 9781589481169 Paperback - The Book Depository. Recuperado 30 de enero de 2017, a partir de <https://www.abebooks.co.uk/ESRI-Guide-GIS-Analysis-Spatial-Measurements/18123860588/bd>

ARPANSA, A. R. P. and N. S. A. (2015). Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). Recuperado a partir de <http://www.arpansa.gov.au/>

Arribas, E., Barrera, J., Beléndez, A., González-Rubio, J., & Nájera, A. (2014). ¿Absorbe nuestro cuerpo las ondas electromagnéticas?, 12001, 1-12.

Bhatt, C. R., Thielens, A., Redmayne, M., Abramson, M. J., Billah, B., Sim, M. R., Benke, G. (2016). Measuring personal exposure from 900 MHz mobile phone base stations in Australia and Belgium using a novel personal distributed exposimeter. *Environment International*, 92-93, 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.03.032>

Bivand, Roger S., Pebesma, Edzer, & Gómez-Rubio, Virgilio. (2013). *Applied Spatial Data Analysis with R* (Springer). Recuperado 23 de enero de 2017, a partir de [http://uned.summon.serialssolutions.com/search/results?s.fvf%5B%5D=ContentType%2CNewspaper+Article%2Ct&s.q=Cressie#!/search?ho=f&rf=PublicationDate,2012-12-31:2013-12-31&l=es-ES&q=\(TitleCombined:\(Applied%20Spatial%20Data%20Analysis%20with%20R%20\(Springer\)\)\)%20AND%20\(AuthorCombined:\(Bivand,%20R.S.\)\)](http://uned.summon.serialssolutions.com/search/results?s.fvf%5B%5D=ContentType%2CNewspaper+Article%2Ct&s.q=Cressie#!/search?ho=f&rf=PublicationDate,2012-12-31:2013-12-31&l=es-ES&q=(TitleCombined:(Applied%20Spatial%20Data%20Analysis%20with%20R%20(Springer)))%20AND%20(AuthorCombined:(Bivand,%20R.S.)))

Bolte, J. F. B., Pruppers, M. J. M., Kamer, J., Van der Zande, G., Schipper, C. M. A., Fleurke, S. R., ... Kromhout, J. (2008). The Dutch Exposimeter Study: Developing an Activity Exposure Matrix. *Epidemiology*, 19(6), S78-S79.

Brotherton, J. M. L., Fridman, M., May, C. L., Chappell, G., Saville, A. M., & Gertig, D. M. (2011). Early effect of the HPV vaccination programme on cervical abnormalities in Victoria, Australia: an ecological study. *Lancet*, 377(9783), 2085-2092.

Gonzalez-Rubio, J., Arribas, E., Ramirez-Vazquez, R., & Najera, A. (2017). Radiofrequency electromagnetic fields and some cancers of unknown etiology: An ecological study. *Science of The Total Environment*. 599–600, 834-843. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.018>

Gonzalez-Rubio, J., Najera, A., & Arribas, E. (2016). Comprehensive personal RF-EMF exposure map and its potential use in epidemiological studies. *Environmental Research*, 149, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.010>.

Knäfl, U., Lehmann, H., & Riederer, M. (2008). Electromagnetic field measurements using personal exposimeters. *Bioelectromagnetics*, 29(2), 160-162. <https://doi.org/10.1002/bem.20373>.

Manassas, A., Boursianis, A., Samaras, T., & Sahalos, J. N. (2012). Continuous electromagnetic radiation monitoring in the environment: analysis of the results in Greece. *Radiation Protection Dosimetry*, 151(3), 437-442. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncs028>

Najera Lopez, A., Gonzalez-Rubio, J., Villalba Montoya, J. M., & Arribas, E. (2015). Using multiple exposimeters to evaluate the influence of the body when measuring personal exposition to radio frequency electromagnetic fields. *Compel-the International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering*, 34(4), 1063-1069. <https://doi.org/10.1108/COMPEL-10-2014-0268>.

O'Sullivan, David. (2010). *Geographic information analysis*. 2d ed. Reference and Research Book News; Portland, 25(2), 405.

Röösli, M., Michel, G., Kuehni, C. E., & Spoerri, A. (2007). Cellular telephone use and time trends in brain tumour mortality in Switzerland from 1969 to 2002. *European Journal of Cancer Prevention: The Official Journal of the European Cancer Prevention Organisation (ECP)*, 16(1), 77-82. <https://doi.org/10.1097/01.cej.0000203618.61936.cd>

Sagar, S., Struchen, B., Finta, V., Eeftens, M., & Roosli, M. (2016). Use of portable exposimeters to monitor radiofrequency electromagnetic field exposure in the everyday environment. *Environmental Research*, 150, pp.289-298. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.020>

Thomas, S., Kühnlein, A., Heinrich, S., Praml, G., Nowak, D., von Kries, R., & Radon, K. (2008). Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: A cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*, 29(6), 463-470. <https://doi.org/10.1002/bem.20414>.

Thuroczy, G., Molnar, F., Janossy, G., Nagy, N., Kubinyi, G., Bakos, J., & Szabo, J. (2008). Personal RF exposimetry in urban area. *Annals of Telecommunications-Annales Des Telecommunications*, 63(1-2), 87-96. <https://doi.org/10.1007/s12243-007-0008-z>.

Unwin, D. J. (1981). *Introductory Spatial Analysis*. London ; New York: Methuen young books.

Verloock, L., Joseph, W., Goeminne, F., Martens, L., Verlaek, M., & Constandt, K. (2014). Assessment of radio frequency exposures in schools, homes, and public places in Belgium. *Health Physics*, 107(6), pp.503-513. <https://doi.org/10.1097/HP.000000000000149>.

Viel, J.-F., Cardis, E., Moissonnier, M., de Seze, R., & Hours, M. (2009). Radiofrequency exposure in the French general population: Band, time, location and activity variability. *Environment International*. 35(8), 1150-1154. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.007>