

Revisión

Asociación entre las radiaciones de teléfonos móviles y el riesgo tumoral en personas adultas

Patricia Bielsa-Fernández^a y Beatriz Rodríguez-Martín^{a,b,*}^a Departamento de Enfermería y Fisioterapia, Facultad de Terapia Ocupacional, Logopedia y Enfermería, Universidad de Castilla-La Mancha, Talavera de la Reina (Toledo), España^b Centro de Estudios Sociosanitarios, Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 13 de agosto de 2016

Aceptado el 18 de octubre de 2016

On-line el xxx

Palabras clave:

Radiofrecuencia

Teléfono móvil

Tumor

Revisión sistemática

RESUMEN

Objetivo: Sintetizar y analizar las revisiones sistemáticas, los estudios de casos y controles, de cohortes y metaanálisis que indaguen sobre la asociación entre la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y la aparición de tumores en personas adultas.

Método: Se realizó una búsqueda sistemática en Scopus, Web of Science, The Cochrane Library, MedLine y Cinahl de artículos publicados en inglés y español entre enero de 2005 y febrero de 2016, que analicen el riesgo de tumor asociado a la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles en personas adultas. Se siguieron las recomendaciones de la Declaración PRISMA y se analizó la calidad de los artículos con la herramienta AMSTAR y la Escala Newcastle-Ottawa.

Resultados: Se encontraron 1034 estudios, de los cuales se incluyeron 14 en la presente revisión. La mayoría afirman que a corto plazo no es posible determinar la relación, aunque a largo plazo (más de 10 años) la radiofrecuencia emitida por los teléfonos móviles puede provocar efectos tumorales, aumentando el riesgo la exposición homolateral y la latencia.

Conclusiones: Aunque la radiofrecuencia emitida por los teléfonos móviles tiene efectos tumorales sobre las personas, la evidencia científica disponible no es robusta. Son necesarios estudios más rigurosos, con mayores tamaños muestrales y periodos de seguimiento largos para conocer en profundidad los efectos a largo plazo.

© 2017 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Association between radiation from mobile phones and tumour risk in adults

ABSTRACT

Objective: To synthesize and analyse systematic reviews, case-control studies, cohort studies and meta-analysis that investigate the association between exposure to radiofrequency from mobile phones and the appearance of tumours in adults.

Methods: A systematic search was conducted in Scopus, Web of Science, The Cochrane Library, Medline and Cinahl of articles published in English and Spanish between January 2005 and February 2016 that analyse the risk of tumour associated with exposure to radiofrequency from mobile phones in adults. The recommendations of the PRISMA Declaration were followed, and the quality of the articles was analysed with the AMSTAR tool and the Newcastle-Ottawa Scale.

Results: 1034 studies were found, fourteen of which were included. Most studies agree that it is not possible to determine a relationship in the short term, although long-term (over 10 years) radiofrequency emitted by mobile phones can cause tumour effects, with an increased risk by ipsilateral exposure and latency.

Conclusions: Although radiofrequency from mobile phones has tumour effects on humans, the available scientific evidence is not robust. More rigorous follow-up studies with larger sample sizes and broader periods are necessary to learn more about the long-term effects.

© 2017 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Radiofrequency

Mobile phone

Tumour

Systematic review

Introducción

El número de personas que disponen de teléfono móvil ha crecido exponencialmente en los últimos 15 años¹; la cifra de personas

abonadas a la telefonía móvil en todo el mundo ha aumentado desde un 12% en el año 2000 hasta un 96,8% (7100 millones de personas) en 2015¹. España sigue esa tendencia creciente, y en 2015 un 96,7% de los hogares españoles (17.740.775 hogares) disponían de al menos un teléfono móvil². Debido a este incremento en la utilización de teléfonos móviles, es importante conocer las posibles repercusiones de sus radiaciones sobre la salud pública, y en concreto sobre el riesgo de aparición de tumores³.

* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: Beatriz.RMartin@uclm.es (B. Rodríguez-Martín).<http://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.10.014>0213-9111/© 2017 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Sabemos que los teléfonos móviles emiten ondas de radiofrecuencia de baja potencia, definidas como campos electromagnéticos no ionizantes, sin la suficiente energía como para romper directamente los enlaces químicos, pero que podrían tener efectos nocivos sobre cualquier tejido del cuerpo humano³⁻⁵, siendo el límite de seguridad de la tasa de absorción específica (velocidad a la que la energía emitida por los teléfonos móviles es absorbida por el cuerpo) de 1,6 W/kg⁶. La radiofrecuencia de los campos electromagnéticos ha sido clasificada por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer en el grupo 2 B, considerando el uso de teléfonos inalámbricos como un posible carcinógeno en humanos⁷.

Estudios previos apuntan que la radiofrecuencia emitida por los teléfonos móviles puede aumentar la temperatura de los tejidos del cerebro y de los órganos adyacentes, aunque aún no se han reportado pruebas concluyentes de su asociación con el desarrollo de tumores³⁻⁵. Además, la mayoría de estos estudios se han centrado en los tumores cerebrales, al considerar la cabeza como la zona anatómica más próxima al teléfono móvil al hablar por teléfono³⁻⁶, y apenas existen estudios centrados en otros tumores³.

Entre los factores de riesgo para desarrollar un tumor asociado con el uso de teléfonos móviles se han apuntado la colocación prolongada del dispositivo en una misma zona de la cabeza al efectuar llamadas (lateralidad o exposición homolateral) y el largo periodo de latencia o tiempo acumulado de llamadas³⁻⁵.

Por otra parte, debido a que el periodo de seguimiento de los pacientes en las investigaciones previas ha sido corto, no se ha podido extraer conclusiones certeras, ya que en general suelen pasar décadas entre la primera exposición a las ondas de radio y la aparición de manifestaciones tumorales³⁻⁷. Por lo tanto, a pesar de que la evidencia científica sobre dicha asociación va aumentando, sigue siendo un asunto sin resolver³⁻⁶.

La mayor parte de los estudios previos se han centrado en los tumores cerebrales, pero esta revisión sistemática incluye otros tumores, como los de glándulas salivales, testiculares, de piel, leucemias y linfomas, para realizar una revisión completa y actualizada de los trabajos sobre el tema publicados en los últimos 10 años. Su objetivo es sintetizar y analizar las revisiones sistemáticas, los estudios de casos y controles, los estudios de cohortes y los metaanálisis que han analizado la asociación entre la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y la aparición de tumores en personas adultas.

Método

Se realizó una revisión sistemática de estudios de casos y controles, estudios de cohortes, revisiones sistemáticas y metaanálisis que hubieran analizado la relación entre las radiaciones no ionizantes procedentes de los teléfonos móviles y la aparición de tumores en personas adultas. La búsqueda incluyó artículos publicados en inglés y español entre enero de 2005 y febrero de 2016 en las bases de datos Scopus, Web of Science, MedLine, The Cochrane Library y Cinahl. Se incluyeron los artículos publicados a partir de enero de 2005 con el objetivo de analizar los estudios más actuales que investigaran la asociación de las radiaciones no ionizantes procedentes de los teléfonos móviles con cualquier tipo de tumor. La [tabla 1](#) recoge la estrategia de búsqueda utilizada.

Además, se realizó una búsqueda secundaria a través de las referencias incluidas en los estudios encontrados y de aquellos artículos que las bases de datos sugerían durante la búsqueda inicial al estar relacionados con nuestro objetivo.

Se siguieron los principios de la Declaración PRISMA⁸, y para analizar la calidad de los artículos potencialmente elegibles se utilizaron la Escala AMSTAR para evaluar la calidad de las revisiones sistemáticas⁹ y la Escala Newcastle-Ottawa (NOS) para evaluar la calidad del metaanálisis, los estudios de casos y controles y el

Tabla 1
Estrategia de búsqueda en las bases de datos seleccionadas

Base de datos	Tesaurus	Estrategia de búsqueda
<i>Inglés</i>		
Web of Science	Medical Subject	("Radiation" OR "radiofrequency"
MedLine	Headings (MeSH)	OR "nonionizing radiation" OR
The Cochrane		"radio waves" OR
Library		"electromagnetic") AND ("Cell*
Cinahl		*phones" OR "mobile *phone" OR
		"cordless phone") AND ("cancer"
		OR "neoplasm" OR "tumor") NOT
		("children")
Scopus	Educational	("Radiation" OR "radiofrequency"
	Resourcer	OR "nonionizing radiation" OR
	Information Center	"radio waves" OR
	(ERIC)	"electromagnetic") AND ("Cell*
		*phones" OR "mobile *phone" OR
		"cordless phone") AND ("cancer"
		OR "neoplasm" OR "tumor") AND
		NOT ("children")
<i>Español</i>		
Web of Science	Descriptores en	("Radiación" OR "radiofrecuencia"
MedLine	Ciencias de la Salud	OR "radiación no ionizante" OR
The Cochrane	(DeCS)	"ondas de radio" OR "campo
Library		electromagnético") AND ("teléfono
Cinahl		móvil" OR "teléfono inalámbrico")
Scopus		AND ("cáncer" OR "neoplasia" OR
		"tumor") NOT ("niños")

estudio de cohortes¹⁰. La Escala AMSTAR consta de 11 ítems con cuatro posibles respuestas; las respuestas afirmativas se valoraron con 1 punto, de manera que se estableció que una revisión sistemática tenía una buena calidad cuando la media de las valoraciones superaba el 60% de la valoración máxima posible⁹. La Escala NOS consta de ocho ítems, otorgando a cada estudio como máximo una estrella en cada ítem de las categorías de selección y exposición o resultados, y un máximo de dos estrellas en el caso de la comparabilidad¹⁰.

Las dos autoras de la revisión realizaron de manera independiente la búsqueda de los artículos en las bases de datos seleccionadas y realizaron posteriormente una puesta en común para consensuar los estudios a incluir. La evaluación de los trabajos fue realizada del mismo modo por ambas. Para la selección de los artículos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión:
 - Estudios que incluyeran en su muestra personas mayores de 18 años.
 - Estudios publicados desde enero de 2005 hasta febrero de 2016 en inglés o español.
 - Revisiones sistemáticas, estudios de casos y controles, estudios de cohortes y metaanálisis que analizaran la asociación entre la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y sus efectos tumorales en humanos.
- Criterios de exclusión:
 - Estudios que incluyeran en su muestra niños/as o jóvenes menores de 18 años.
 - Estudios que incluyeran mujeres embarazadas en la muestra de estudio.
 - Artículos de opinión.
 - Estudios que no estuvieran disponibles en texto completo.
 - Estudios de baja calidad tras aplicar las herramientas de evaluación de la calidad.

Resultados

Tras la búsqueda inicial en las bases de datos se hallaron 1034 estudios. De estos, 485 se eliminaron por estar duplicados

Tabla 2
Principales características de los estudios incluidos en la revisión

Autores, año	Países	Tipo de estudio	Objetivos y seguimiento	Características de la muestra	Medidas de resultado	Resultados	Conclusiones	Puntuación AMSTAR o NOS
Cardis et al., 2011 ¹¹	Australia, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Israel, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, Suecia y Reino Unido	Estudio de casos y controles	Analizar la posible asociación entre el neuroma acústico y las ondas de radio procedentes de los teléfonos móviles Seguimiento: 5-10 años	Casos: 1105 (538 hombres y 567 mujeres) entre 30 y 59 años de edad Controles: 2145 (1035 hombres y 1110 mujeres) entre 30 y 59 años de edad	Número de neuromas acústicos, lateralidad y periodo de latencia	No se observó aumento en el riesgo de neuroma acústico tras el uso del teléfono móvil durante los 10 años de seguimiento. Sin embargo, se observó mayor riesgo de desarrollo tumoral en las personas con un tiempo acumulado de llamadas de 1640 horas y mayor riesgo con la exposición homolateral. El periodo de seguimiento del estudio fue demasiado corto para observar el efecto con certeza, debido a que el neuroma acústico es un tumor de crecimiento lento.	A pesar de que el tiempo acumulado de uso del teléfono móvil, el periodo de latencia y la exposición homolateral son factores de riesgo para el desarrollo de un neuroma acústico, son necesarios estudios con seguimientos más largos que confirmen estas asociaciones.	NOS: 7/9
Cardis, 2010 ¹²	Australia, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Israel, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, Suecia y Reino Unido	Estudio de casos y controles	Determinar si el uso del teléfono móvil aumenta el riesgo de tumores cerebrales Determinar si las ondas de radio emitidas por los teléfonos tienen efectos tumorales Seguimiento: 5-10 años	Casos de meningioma: 2409 (572 hombres y 1837 mujeres de 30 a 59 años de edad) Casos de glioma: 2708 (1624 hombres y 1084 mujeres) entre 30 y 59 años. Controles: 14.354 personas entre 30 y 59 años de edad	Número de tumores cerebrales (glioma, meningioma), lateralidad y periodo de latencia	No se encontró evidencia suficiente para confirmar la asociación entre las ondas de radio y el meningioma. En el caso del glioma se observó una mayor relación con el tiempo acumulado de llamadas y una posible relación con la exposición homolateral, aunque los resultados no fueron del todo concluyentes.	El uso del teléfono móvil no aumenta de manera considerable el riesgo de tumores cerebrales como el glioma y el meningioma, aunque existe un mayor riesgo de glioma en los casos de exposición más prolongada en el tiempo a las ondas de radio. Son necesarios más estudios que analicen los posibles efectos tumorales a largo plazo del uso del teléfono móvil, así como de su uso intensivo.	NOS: 8/9
Sadetzki et al., 2008 ¹³	Israel	Estudio de casos y controles	Evaluar la asociación entre el uso del teléfono móvil y el desarrollo de tumores de las glándulas parótidas Seguimiento: 5-10 años	Casos: 460 (254 hombres y 206 mujeres entre 30 y 59 años de edad) Controles: 1266 (551 hombres y 715 mujeres entre 30 y 59 años de edad)	Número de tumores de las glándulas salivales, lateralidad y periodo de latencia	Se halló una relación entre el uso del teléfono móvil a largo plazo y los tumores de glándulas salivales, influyendo de manera considerable la exposición homolateral.	Parece existir una asociación entre el uso del teléfono móvil y los tumores de las glándulas salivales, aunque son necesarios estudios con periodos de latencia más largos y con una muestra mayor que confirmen dicha asociación.	NOS: 8/9

Tabla 2 (continuación)

Autores, año	Países	Tipo de estudio	Objetivos y seguimiento	Características de la muestra	Medidas de resultado	Resultados	Conclusiones	Puntuación AMSTAR o NOS
Hardell et al., 2007 ¹⁴	Suecia	Estudio de casos y controles	Analizar la asociación entre el uso del teléfono móvil y la aparición de cáncer testicular Seguimiento: más de 10 años	Casos: 888 hombres de 20 a 75 años de edad (36 años de media) Controles: 870 hombres de 20 a 75 años de edad (37 años de media)	Número de tumores testiculares, lateralidad y periodo de latencia	No se reportó una asociación clara entre el cáncer testicular y la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles, siendo la media del número acumulado de horas para el teléfono móvil en modo espera de 17.520 horas en los controles	Mantener el teléfono móvil en espera en el bolsillo del pantalón no se asocia con el cáncer testicular, aunque no se descartan sus efectos tumorales a largo plazo	NOS: 7/9
Cooke et al., 2010 ¹⁵	Reino Unido	Estudio de casos y controles	Determinar la relación entre el riesgo de leucemias y el uso del teléfono móvil Seguimiento: 15 años	Casos: 806 (454 hombres y 352 mujeres entre 18 y 59 años de edad) Controles: 585 (259 hombres y 326 mujeres entre 18 y 59 años de edad)	Número de personas con leucemia y periodo de latencia	El número acumulado de horas de uso del teléfono móvil no se relacionó con el riesgo de leucemia, aunque sí existía un mayor riesgo en las personas que habían usado por primera vez un teléfono móvil 15 o más años antes de la fecha de referencia	A corto plazo no existe relación entre el uso del teléfono móvil y el riesgo de leucemias, aunque se desconoce la posibilidad de efectos tumorales a largo plazo	NOS: 6/9
Linnet et al., 2006 ¹⁶	Estados Unidos	Estudio de casos y controles	Analizar la posible relación entre el uso del teléfono móvil y el riesgo de linfoma de Hodgkin Seguimiento: 6 o más años	Casos: 551 (294 hombres y 257 mujeres de 20 a 74 años de edad) Controles: 462 (239 hombres y 223 mujeres de 20 a 74 años de edad)	Número de personas con linfomas de Hodgkin y periodo de latencia	Los resultados mostraron que no existía una asociación significativa entre los linfomas y la exposición a las ondas de radio de los teléfonos móviles	Existe poca evidencia sobre la asociación entre el uso del teléfono móvil y el linfoma de células B No existe relación entre los minutos de uso semanal o las horas acumuladas y el riesgo de linfoma de Hodgkin, pero se desconocen los efectos de su uso a largo plazo	NOS: 7/9

Tabla 2 (continuación)

Autores, año	Países	Tipo de estudio	Objetivos y seguimiento	Características de la muestra	Medidas de resultado	Resultados	Conclusiones	Puntuación AMSTAR o NOS
Hardell et al., 2011 ¹⁷	Suecia	Estudio de casos y controles	Analizar la asociación entre la exposición a las ondas de radio de los teléfonos móviles y el riesgo de aparición de melanoma en el cuello o la cabeza Seguimiento: aproximadamente 5 años	Casos: 347 (171 hombres y 176 mujeres entre 20 y 77 años de edad; 58 años de media) Controles: 1184 (732 hombres y 452 mujeres entre 20 y 77 años de edad; 61 años de media)	Número de personas con melanomas, lateralidad y periodo de latencia	Los resultados de este estudio muestran un riesgo dos veces mayor de melanoma en relación con las ondas de radio de los teléfonos móviles en las personas cuyo periodo de latencia fue mayor de 5 años, por lo que los resultados indican que la radiofrecuencia tiene efectos cancerígenos a corto plazo Las zonas con mayor exposición a las ondas de radiofrecuencia fueron la zona temporal de la cabeza, la mejilla, la oreja y el cuello Se halló un mayor riesgo en las personas que habían utilizado por primera vez un teléfono móvil antes de los 20 años	Existe un mayor riesgo de melanoma maligno con un uso acumulativo del teléfono móvil mayor de 365 horas (aproximadamente 12 minutos al día) y un periodo de latencia mayor de 5 años Son necesarios más estudios con muestras mayores para poder confirmar estos resultados	NOS: 7/9
Ahlbom et al., 2009 ¹⁸	Suecia	Revisión sistemática	Analizar la posible relación entre la exposición a ondas de radio por el uso del teléfono móvil y el riesgo tumoral Seguimiento: máximo de 10 años.	Hombres y mujeres mayores de 18 años	Número de tumores cerebrales (glioma, meningioma y neuroma acústico) y de las glándulas salivales, lateralidad y periodo de latencia	No se encontró asociación causal entre el uso del teléfono móvil y el riesgo de glioma y de meningioma La posición del teléfono móvil al hablar se asoció con la posible zona anatómica de desarrollo de los neuromas acústicos No se encontraron hallazgos concluyentes en cuanto a la aparición de tumores de las glándulas salivales	Tras la exposición a ondas de radio de los teléfonos móviles no existe un mayor riesgo de desarrollar tumores de crecimiento rápido, al menos de tumores con periodos de inducción cortos No es posible determinar si hay relación entre la radiofrecuencia y los tumores de crecimiento lento, como el meningioma y el neuroma acústico, así como con el glioma de años de evolución, debido al reducido seguimiento en los estudios incluidos	AMSTAR: 7/11

Tabla 2 (continuación)

Autores, año	Países	Tipo de estudio	Objetivos y seguimiento	Características de la muestra	Medidas de resultado	Resultados	Conclusiones	Puntuación AMSTAR o NOS
Hardell et al., 2009 ¹⁹	Suecia	Revisión sistemática	Determinar la relación entre el uso del teléfono móvil a largo plazo y la aparición de glioma, meningioma, neuroma acústico, tumores de las glándulas salivales, linfomas de Hodgkin y cáncer de testículo Seguimiento: periodo de más de 10 años	Hombres y mujeres mayores de 18 años	Número de tumores cerebrales (glioma, meningioma y neuroma acústico) y de las glándulas salivales, linfomas de Hodgkin y cáncer testicular, lateralidad y periodo de latencia	Se encontró un mayor riesgo general de desarrollar tumores en relación con las ondas de radio en las personas que comenzaron a utilizar el teléfono móvil antes de los 20 años de edad Se encontró un mayor riesgo de aparición de tumores cerebrales, como gliomas, neuromas acústicos y meningiomas, tras la exposición homolateral La lateralidad también se relacionó con tumores de las glándulas salivales y cáncer testicular Para los linfomas de Hodgkin se encontró un mayor riesgo de aparición transcurridos 6 años desde el inicio del manejo del teléfono móvil, influyendo de manera significativa la duración de las llamadas	La zona sobre la que se coloca el teléfono móvil al hablar es un factor influyente en el desarrollo de tumores La zona del cuerpo donde se guarda el teléfono móvil es un factor de riesgo para ciertos tumores, como el testicular Existe información limitada sobre los efectos de las ondas de radiofrecuencia de los teléfonos móviles sobre la salud humana a largo plazo, por lo que se recomienda la realización de más estudios con un mayor tiempo de seguimiento	AMSTAR: 8/11
Hardell et al., 2006 ²⁰	Suecia	Revisión sistemática	Analizar el riesgo de aparición de tumores asociados con el uso de teléfonos inalámbricos Seguimiento: máximo mayor de 10 años	Hombres y mujeres mayores de 18 años	Número de tumores cerebrales (glioma, meningioma y neuroma acústico) y de las glándulas salivales, linfomas de Hodgkin y cáncer testicular, lateralidad y periodo de latencia	Los resultados apuntan un riesgo elevado de tumores cerebrales en relación con las ondas de radiofrecuencia de los teléfonos móviles, siendo el cerebro el principal órgano diana El neuroma acústico fue el tumor cerebral más asociado con la exposición a las ondas de radiofrecuencia No se demostró un aumento significativo de desarrollo tumoral tras la exposición homolateral para los tumores de las glándulas salivales, ni con el lugar donde se guarda el teléfono móvil, como el bolsillo del pantalón, para el cáncer testicular	A pesar de que el riesgo aumenta con el tiempo de latencia desde el primer uso del teléfono móvil, no se encuentra una clara asociación entre los tumores de las glándulas salivales y el cáncer de testículo con las radiaciones no ionizantes No puede descartarse la asociación entre las ondas de radiofrecuencia y los linfomas de Hodgkin, existiendo una mayor asociación en los de células T que en los de células B Son necesarios más estudios que confirmen estas asociaciones	AMSTAR: 8/11

Tabla 2 (continuación)

Autores, año	Países	Tipo de estudio	Objetivos y seguimiento	Características de la muestra	Medidas de resultado	Resultados	Conclusiones	Puntuación AMSTAR o NOS
Repacholi et al., 2012 ²¹	Italia	Revisión sistemática	Analizar la asociación entre el uso del teléfono móvil y los tumores cerebrales Seguimiento: máximo de 10 años	Hombres y mujeres mayores de 18 años	Número de tumores cerebrales (glioma, meningioma y neuroma acústico) y de las glándulas salivales, lateralidad y periodo de latencia	En la mayoría de los estudios no se encontró una asociación entre el uso a corto plazo del teléfono móvil (máximo 6 años) y la aparición de gliomas, tumores de glándulas salivales o neuromas acústicos Existe cierta controversia sobre el efecto de la lateralidad en el desarrollo tumoral debido al posible sesgo en la interpretación de los datos	No existe evidencia suficiente para determinar la posible relación entre las ondas de radiofrecuencia de los teléfonos móviles y su efecto tumoral en un periodo ≥ 10 años	AMSTAR: 10/11
Hardell et al., 2013 ²²	Suecia	Revisión sistemática	Analizar la asociación entre el uso del teléfono móvil y los tumores cerebrales Seguimiento: 10 años	Hombres y mujeres mayores de 18 años	Número de tumores cerebrales (glioma, meningioma y neuroma acústico) y periodo de latencia	Los tumores cerebrales más vinculados a las radiaciones no ionizantes de los teléfonos móviles fueron el glioma y el neuroma acústico, al ser la localización anatómica más expuesta y con un mayor riesgo debido a la exposición homolateral y el periodo de latencia	No existe evidencia suficiente para concluir que las ondas de radiofrecuencia de los teléfonos móviles pueden causar efectos sobre la salud humana, pero hay datos que muestran un mayor riesgo de glioma y neuroma acústico tras la utilización del teléfono móvil, por lo que este dispositivo debería ser clasificado como carcinógeno humano Los límites de seguridad y de referencia actuales de la radiofrecuencia de los teléfonos móviles no son adecuados para proteger la salud pública, por lo que es necesario establecer nuevos límites y normas al respecto	AMSTAR: 9/11

Tabla 2
(continuación)

Autores, año	Países	Tipo de estudio	Objetivos y seguimiento	Características de la muestra	Medidas de resultado	Resultados	Conclusiones	Puntuación AMSTAR o NOS
Poulsen et al., 2013 ²³	Dinamarca	Estudio de cohortes	Analizar la asociación entre el uso de teléfono móvil y el cáncer de piel Seguimiento: 13 años	La cohorte expuesta estaba formada por 355.701 personas (303.670 hombres y 52.031 mujeres) a partir de 30 años de edad	Número de personas con melanomas, lateralidad y periodo de latencia	Los resultados apuntan que podría existir un mayor riesgo de melanoma en la zona temporal de la cabeza, incluyendo la mejilla y la oreja, tras un uso acumulativo del teléfono móvil de 365 horas y en aquellos casos con un periodo de latencia >5 años	Existe poca evidencia que confirme la existencia de un mayor riesgo de cáncer de piel entre los usuarios de teléfono móvil Futuras investigaciones deberían incluir muestras mayores para confirmar los hallazgos	NOS: 5/9
Khurana et al., 2009 ²⁴	Australia	Metaanálisis	Determinar la asociación entre el uso del teléfono móvil y el desarrollo de tumores intracraneales en el mismo lado de la cabeza (homolateral) Seguimiento: 10 o más años	Estudios Hardell: Casos: 2158 hombres y mujeres entre 20 y 80 años de edad. Controles: 2162 hombres y mujeres entre 20 y 80 años de edad. Estudio Interphone: Casos: 6311 hombres y mujeres entre 30 y 59 años de edad Controles: 7658 hombres y mujeres entre 30 y 59 años de edad Periodo de latencia en ambos grupos (años de utilización del teléfono móvil): mínimo 10 años	Número de tumores cerebrales (glioma, neuroma acústico y meningioma), lateralidad y periodo de latencia	El uso del teléfono móvil durante 10 años o más duplicaba el riesgo de ser diagnosticado de un tumor cerebral (glioma y neuroma acústico) con la colocación prolongada del teléfono en una misma zona de la cabeza	Existe evidencia científica suficiente para relacionar el uso del teléfono móvil a largo plazo y el desarrollo de un tumor cerebral Sería necesaria una nueva evaluación internacional de las normas de exposición a los teléfonos móviles dada la creciente dependencia de las personas hacia estos dispositivos	NOS: 6/9

(mismo estudio encontrado en diferentes bases de datos). Posteriormente, tras una primera revisión de los títulos y resúmenes, se excluyeron 511 por no aportar datos en relación a si existía o no asociación entre la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y la aparición de tumores en personas adultas. Por último, se revisó el texto completo de 39 artículos, 38 procedentes de la búsqueda inicial y uno hallado en la búsqueda secundaria. De estos artículos se excluyeron 25 por las siguientes razones: 11 por obtener una puntuación insuficiente tras analizar su calidad, 6 por ser artículos de opinión, 4 por ser protocolos, 2 por no estar disponibles en texto completo y 2 por no incluir en su muestra personas adultas. Finalmente se incluyeron en la revisión 14 artículos (13 procedentes de la búsqueda inicial y 1 de la búsqueda secundaria) (fig. 1). En la tabla 2 se resumen las principales características de los estudios incluidos.

De los estudios incluidos en la revisión, siete fueron estudios de casos y controles¹¹⁻¹⁷, cinco revisiones sistemáticas¹⁸⁻²², un estudio de cohortes²³ y un metaanálisis²⁴. En cuanto al ámbito

geográfico, se habían realizado en 14 países. Varios estudios analizaron la asociación entre las radiaciones no ionizantes de los teléfonos móviles y los tumores cerebrales^{11,12,18-22,24}, de las glándulas salivales^{13,18-21}, testiculares^{14,19,20} y de piel^{17,23}, las leucemias y los linfomas^{15,16,19,20}. En relación a los tipos de tumores analizados, encontramos lo siguiente:

- Tumores cerebrales: algunos estudios analizaron el glioma^{19,22}, el meningioma^{19,22} y el neuroma acústico^{11,19,22}. La mayor parte de los estudios incluidos en esta revisión sistemática coinciden en que el cerebro es el principal órgano diana de las radiaciones procedentes de los teléfonos móviles, al ser uno de los órganos más próximos a la zona de colocación del dispositivo al efectuar llamadas telefónicas^{12,18-20,22,24}. Por otra parte, los estudios analizados indican que en los tumores cerebrales con periodos de inducción corto no es posible determinar a corto plazo si existe relación entre ellos y la radiofrecuencia, debido al insuficiente periodo de seguimiento de los estudios^{11,18,21}. Sin embargo, si apuntan una

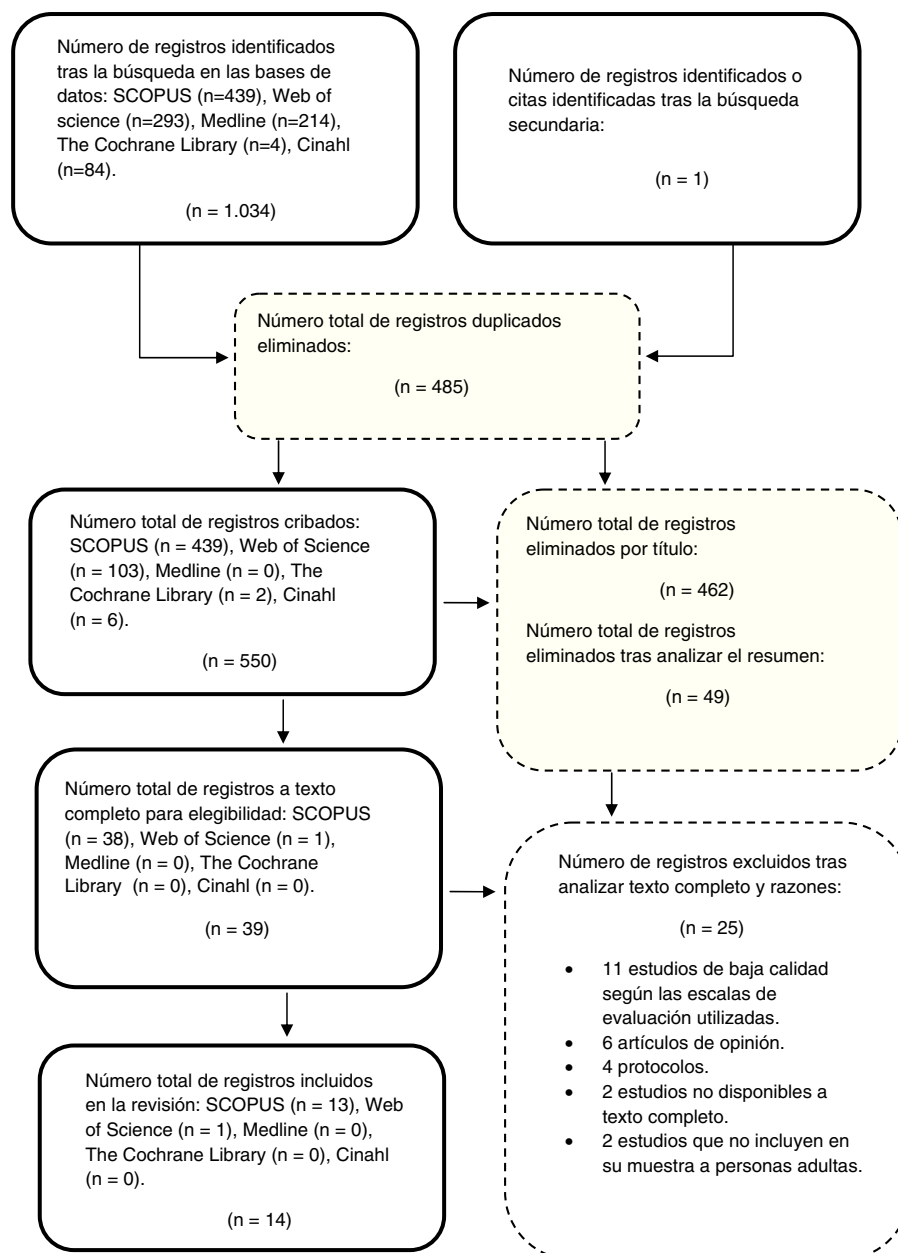


Figura 1. Diagrama de flujo.

posible asociación a largo plazo (superior a 10 años) y tras un tiempo acumulado de llamadas de 1640 horas o unas 5 horas de uso al día^{11,12,19,21,22,24}, así como con los tumores de crecimiento lento¹⁸. También encontramos cierta controversia en relación a la colocación prolongada del teléfono móvil en una misma zona de la cabeza (lateralidad o exposición homolateral). Así, mientras ciertos estudios consideran la exposición homolateral como un factor de riesgo^{11,12,18,19,22,24}, otro estudio no reporta hallazgos concluyentes²¹.

- Tumores de las glándulas salivales: los estudios analizados no aportan datos concluyentes que confirmen la asociación de la radiofrecuencia procedente de los teléfonos móviles a corto plazo y la aparición de tumores de las glándulas salivales^{13,18-21}. Así, mientras ciertos estudios reportan un posible aumento del riesgo tras una media de tiempo acumulado de llamadas de 1348 horas o con la exposición homolateral^{13,18,19}, otros no apoyan tal hipótesis²⁰. Por otra parte, los estudios incluidos en esta revisión coinciden en afirmar que se desconocen los efectos a largo plazo de las ondas de radio sobre los tumores de glándulas salivales, pudiendo existir cierta relación si se aumentaran el tamaño de la muestra de las investigaciones o el periodo de seguimiento^{13,18-21}.
- Tumores testiculares: ciertos estudios apuntan la posibilidad de un mayor riesgo de tumores testiculares tras la exposición homolateral, es decir, con la proximidad del teléfono móvil a la zona testicular^{14,19,20}, aunque sin encontrar una clara asociación entre la exposición a corto plazo a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y los tumores testiculares, afirmando además que se desconocen los riesgos tras periodos de latencia suficientemente largos^{14,19,20}.
- Leucemias y linfomas: la relación entre las radiaciones no ionizantes de los teléfonos móviles y las leucemias se considera relevante¹⁵, aunque no ha sido muy estudiada. En este sentido, uno de los estudios incluidos reportó resultados incongruentes, aunque sí se halló un mayor riesgo de leucemia tras una exposición prolongada en el tiempo (15 o más años)¹⁵. Con respecto a los linfomas de Hodgkin, algunos estudios apuntan la ausencia de relación a corto plazo entre el número de horas de uso del teléfono móvil y el desarrollo de este linfoma, y se desconocen sus efectos a largo plazo^{16,19,20}. Destaca asimismo la posibilidad de un mayor riesgo de aparición de este tipo de tumor tras 5-6 años de manejo del dispositivo y con un tiempo acumulado de llamadas de 1640 horas^{19,20}.
- Melanomas: los estudios analizados señalan la zona temporal de la cabeza, la mejilla, la oreja y el cuello como las áreas corporales con mayor exposición a las radiaciones no ionizantes y con mayor riesgo de melanoma^{17,23}. Además, estos estudios apuntan la existencia de un riesgo dos veces mayor en las personas con un uso acumulativo de llamadas telefónicas mayor de 365 horas (aproximadamente 12 minutos al día) y con un periodo de latencia mayor de 5 años, revelando efectos cancerígenos a largo plazo. Estos resultados deberían ser confirmados en estudios que incluyan muestras más contundentes y mayores periodos de seguimiento^{17,23}.

En relación a la calidad de los estudios incluidos en esta revisión, encontramos que de los estudios de casos y controles analizados con la Escala NOS uno obtuvo una puntuación de 6/9¹⁵, cuatro obtuvieron una puntuación de 7/9^{11,14,16,17} y dos obtuvieron una puntuación de 8/9^{12,13}. En cuanto a las revisiones sistemáticas analizadas con la Escala AMSTAR, una obtuvo una puntuación de 7/11¹⁸, dos alcanzaron una puntuación de 8/11^{19,20}, otra una puntuación de 9/11²² y la última una puntuación de 10/11²¹. El estudio de cohortes alcanzó una puntuación de 5/9 en la Escala NOS²³ y el

metaanálisis obtuvo una puntuación de 6/9 también en la Escala NOS²⁴.

Discusión

Los resultados de esta revisión sistemática muestran que no es posible determinar a corto plazo, en tumores con periodos de inducción cortos o de crecimiento rápido, la asociación entre la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y la aparición de tumores cerebrales, de las glándulas salivales, de piel y testiculares, y de leucemias y linfomas. Sin embargo, los resultados apuntan una posible asociación a largo plazo entre la exposición a la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y la aparición de estos tumores en caso de coexistencia de otros factores, como la exposición homolateral o el tiempo acumulado de llamadas telefónicas.

Frente a estudios previos que han analizado únicamente la asociación entre la radiofrecuencia emitida por los teléfonos móviles y la aparición de tumores cerebrales, esta revisión aporta además la asociación con tumores de las glándulas salivales, testiculares y de la piel, leucemias y linfomas de Hodgkin^{3-5,13-21,23}.

Como ya se ha apuntado en estudios previos, los resultados de los trabajos analizados señalan al cerebro como el principal órgano diana de las radiaciones procedentes de los teléfonos móviles, por su proximidad a la zona de colocación del dispositivo^{3-5,12,18-20,22,24}.

A pesar de la controversia existente respecto a la exposición homolateral y el desarrollo tumoral, nuestros hallazgos coinciden con estudios previos al considerar la lateralidad como un factor de riesgo para el desarrollo de tumores cerebrales^{3-5,11,12,18,19,22,24}. Además, nuestros resultados señalan la relación entre la homolateralidad y la aparición de tumores de las glándulas salivales^{13,18,19}, así como con los tumores testiculares cuando el teléfono móvil se guarda en una zona próxima^{14,19,20}, y con los melanomas de la parte temporal de la cabeza, la mejilla, la oreja y el cuello^{17,23}.

Siguiendo la línea de investigaciones previas, los resultados de los estudios analizados muestran un aumento del riesgo tumoral tras un periodo largo de tiempo acumulado de llamadas^{3-5,11,12,22}: una exposición de 1640 horas o unas 5 horas de uso al día suponen un mayor riesgo para el desarrollo de tumores^{11,12,22}. Además, en el caso concreto del cáncer de piel, se ha hallado un riesgo dos veces mayor en las personas con un uso acumulativo del teléfono móvil de más de 365 horas (aproximadamente 12 minutos al día) y con un periodo de latencia superior a 5 años^{17,23}.

A pesar de que los resultados de esta revisión apuntan una posible relación entre la radiofrecuencia de los teléfonos móviles y el desarrollo de ciertos tumores, dicha asociación no puede confirmarse debido a que los estudios tienen periodos de seguimiento reducidos y el tamaño de las muestras no es lo suficientemente grande^{3-5,11-25}.

Limitaciones y fortalezas del estudio

Esta revisión ha seguido las recomendaciones de la Declaración PRISMA y se ha evaluado la calidad de los estudios incluidos con las escalas AMSTAR y NOS. Su principal limitación es el reducido número de artículos incluidos tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, lo que podría condicionar las conclusiones obtenidas. Así, el hecho de considerar solo estudios publicados en inglés y español en las bases de datos analizadas es una limitación, pues puede haber otros estudios relevantes publicados en otros idiomas o incluidos en otras bases de datos. Por otra parte, la heterogeneidad de los estudios en cuanto al tamaño de la muestra, el tipo de diseño y la pérdida de participantes durante el seguimiento es otra limitación que debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados. Finalmente, otra

posible debilidad de esta revisión es que las mismas investigadoras realizaran la búsqueda y la evaluación de los estudios.

Conclusiones

Los resultados de la revisión muestran que la radiofrecuencia emitida por los teléfonos móviles puede provocar efectos tumorales a largo plazo (superior a 10 años), y que la exposición homolateral y la latencia son factores que aumentan el riesgo. Además, existe mayor riesgo tras un tiempo acumulativo de uso del teléfono móvil (1640 horas o unas 5 horas de uso al día), y un riesgo concreto de cáncer de piel con un uso acumulativo mayor de 365 horas (aproximadamente 12 minutos al día).

A pesar de lo anterior, son necesarios más estudios que confirmen la posible asociación, no solo con los tumores cerebrales, que son los más investigados, sino también con los de otras zonas corporales, como las glándulas salivales, los testículos y la piel, así como con las leucemias y los linfomas. Los futuros estudios deberían analizar más tumores posiblemente relacionados. Además, sería conveniente llevar a cabo estudios más rigurosos, con mayores tamaños muestrales y periodos de seguimiento más largos, para conocer con certeza las posibles consecuencias sobre la salud humana y extraer información relevante para el diseño de intervenciones encaminadas a la educación para la salud de la población sobre los posibles riesgos del uso frecuente del teléfono móvil.

Editora responsable del artículo

Cristina Linares Gil.

Contribuciones de autoría

P. Bielsa-Fernández participó en la concepción y el diseño del trabajo, en la recogida, el análisis y la interpretación de los datos, y en la escritura del artículo. B. Rodríguez-Martín colaboró en el diseño del trabajo y en la escritura del artículo, realizó una revisión crítica y aprobó la versión final para su publicación. Ambas autoras son responsables y garantes de que todos los aspectos que incluye el manuscrito han sido revisados y discutidos con la finalidad de que sean expuestos con la máxima precisión e integridad.

Financiación

El proyecto ha contado con el apoyo de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Conflictos de intereses

Ninguno.

Bibliografía

- Unión Internacional de Telecomunicaciones. Informe sobre medición de la Sociedad de la Información. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones; 2015. Informe técnico N°: CH-1211.
- Instituto Nacional de Estadística. Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares. Madrid: Instituto Nacional de Estadística; 2015. (Consultado el 12/1/2016.) Disponible en: http://www.ine.es/prensa/tich_prensa.htm
- Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, et al. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol.* 2011;12:624-6. (Consultado el 21/1/2016.) Disponible en: [http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(11\)70147-4/fulltext?_eventld=logon](http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(11)70147-4/fulltext?_eventld=logon)
- Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, et al. Meta-analysis of long-term mobile phone use and the association with brain tumours. *Int J Oncol.* 2008;32:1097-103.
- Hardell L, Carlberg M. Mobile phones, cordless phones and the risk for brain tumours. *Int J Oncol.* 2009;35:5-17.
- Cardis E, Deltour I, Mann S, et al. Distribution of RF energy emitted by mobile phones in anatomical structures of the brain. *Phys Med Biol.* 2008;53:2771-83.
- Gaudin N. IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans. *Int Agency Res Cancer.* 2011;1-6. (Consultado el 30/1/2016.) Disponible en: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf
- Urrutia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones y metaanálisis. *Med Clin.* 2010;135:507-11.
- Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol.* 2007;7:10.
- Cascaes da Silva F, Valdivia Arancibia BA, da Rosa Iop R, et al. Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos. *ACIMED.* 2013;24:295-312.
- Cardis E, Schuz J. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer Epidemiol.* 2011;35:453-64 (Consultado el 4/2/2016.) Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877782111000944>
- Cardis E. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol.* 2010;39:675-94.
- Sadetzki S, Chetrit A, Jarus-Hakak A, et al. Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors - a nationwide case-control study. *Am J Epidemiol.* 2008;167:457-67 (Consultado el 11/2/2016.) Disponible en: <http://aje.oxfordjournals.org/content/167/4/457.full>
- Hardell L, Carlberg M, Ohlson CG, et al. Use of cellular and cordless telephones and risk of testicular cancer. *Int J Androl.* 2007;30:115-22.
- Cooke R, Laing S, Swerdlow AJ. A case-control study of risk of leukaemia in relation to mobile phone use. *Br J Cancer.* 2010;103:1729-35 (Consultado el 11/2/2016.) Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2994220/>
- Linnet MS, Taggart T, Severson RK, et al. Cellular telephones and non-Hodgkin lymphoma. *Int J Cancer.* 2006;119:2382-8.
- Hardell L, Carlberg M, Mild K, et al. Case-control study on the use of mobile and cordless phones and the risk for malignant melanoma in the head and neck region. *Pathophysiology.* 2011;18:325-33 (Consultado el 15/2/2016.) Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928468011000320>
- Ahlbom A, Feychting M, Green A, et al. Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk: a review. *Epidemiology.* 2009;20:639-52.
- Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Epidemiological evidence for an association between use of wireless phones and tumor diseases. *Pathophysiology.* 2009;16:113-22.
- Hardell L, Mild KH, Carlberg M, et al. Tumour risk associated with use of cellular telephones or cordless desktop telephones. *World J Surg Oncol.* 2006;4 (Consultado el 17/2/2016.) Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877782111000944>
- Repacholi MH, Lerchl A, Röösl M, et al. Systematic review of wireless phone use and brain cancer and other head tumors. *Bioelectromagnetics.* 2012;33:187-206.
- Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Use of mobile phones and cordless phones is associated with increased risk for glioma and acoustic neuroma. *Pathophysiology.* 2013;20:85-110 (Consultado el 17/2/2016.) Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928468012001101>
- Poulsen AH, Friis S, Johansen C, et al. Mobile phone use and the risk of skin cancer: a nationwide cohort study in Denmark. *Am J Epidemiol.* 2013;178:190-7.
- Khurana VG, Teo C, Kundi M, et al. Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. *Surg Neurol.* 2009;72:205-14. (Consultado el 23/2/2016.) Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0090301909001451>
- González-Rubio J, Nájera A, Arribas E. Comprehensive personal RF-EMF exposure map and its potential use in epidemiological studies. *Environ Res.* 2016;149:105-12. (Consultado el 28/2/2016.) Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935116301797>