

Radón interior y salud pública en España. Tiempo para la acción



Indoor radon and public health in Spain. Time for action

Alberto Ruano-Raviña^{a,b,*}, Luis Quindós-Poncela^c, Carlos Sainz Fernández^c y Juan M. Barros-Dios^{a,b,d}^a Área de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Santiago de Compostela, La Coruña, España^b CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España^c Laboratorio de Radiactividad Natural (LARUC), Universidad de Cantabria, Santander, España^d Servicio de Medicina Preventiva, Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela, La Coruña, España**Introducción**

El radón es un gas incoloro, inodoro e insípido que procede del uranio que contienen las rocas de la corteza terrestre. Al emanar del subsuelo, el radón se acumula en el interior de lugares cerrados, como pueden ser las viviendas y los lugares de trabajo. Hay tres tipos de isótopos de radón, 222, 220 y 219, que dependen del isótopo de uranio que es la cabeza de la serie radiactiva. Aproximadamente el 80% de todo el radón que existe en el ambiente es radón 222, y a él nos referimos habitualmente como radón interior, pues es el más relevante desde el punto de vista epidemiológico.

El radón 222 tiene una vida media de 3,8 días, y debido a esta vida media no constituye un riesgo en sí mismo al ser inhalado. El problema viene dado por sus descendientes, el polonio 218 y el polonio 214, que tienen una vida media mucho más corta, pero que se vinculan a partículas que al ser inhaladas quedan retenidas en diferentes tramos del aparato respiratorio. Estos descendientes de vida media corta emiten radiación alfa (radiación ionizante, al igual que el radón 222) que, si bien es muy poco penetrante, libera toda su energía en unos micrómetros. De este modo, al inhalarse la partícula sólida con descendientes de vida media corta, la radiación alfa impacta en las células del epitelio pulmonar, produciendo alteraciones moleculares y finalmente cáncer de pulmón. La exposición al radón supone más de la mitad de la radiación que recibirá un ser humano a lo largo de su vida¹.

El radón es más denso que el aire y por ello su concentración es más alta en los pisos bajos y también en las casas con sótano, ya que la superficie de entrada es mayor (el sótano está excavado) y el radón se difunde con mayor facilidad hacia los pisos superiores². El factor que más influye en la concentración de radón residencial es el sustrato geológico sobre el cual se asienta la vivienda, es decir, el contenido en uranio de las rocas del subsuelo. Por esta razón, muchos países han realizado mapas de exposición al radón residencial. Otros factores que también influyen son el material de construcción de la vivienda, los hábitos de ventilación y la antigüedad del edificio. Sin embargo, contrariamente a lo que muchos piensan, el material de construcción contribuye como mucho en un 15% a un 20% en la concentración total de radón interior¹.

Recientemente se ha avivado el interés por el radón interior, no sólo por su presencia en las viviendas, sino porque muchos trabajadores pueden estar expuestos ocupacionalmente a concentraciones

altas³, como es el caso de los empleados en lugares subterráneos (garajes, metro, cuevas turísticas, oficinas o locales comerciales en el subsuelo, etc.) y también de los trabajadores cuyo puesto de trabajo se localice en zonas geográficas de alta exposición al radón.

El radón residencial como carcinógeno humano. Radón y cáncer de pulmón

El radón ha sido declarado carcinógeno humano por la Environmental Protection Agency de Estados Unidos (USEPA) y la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC)^{4,5}. El radón residencial es la primera causa de cáncer de pulmón en nunca fumadores y la segunda en fumadores y ex fumadores⁶, después del tabaquismo activo. Los primeros estudios epidemiológicos se realizaron en mineros y posteriormente se realizaron investigaciones con un diseño de casos y controles en población general. En la mayoría de las investigaciones se observó que había un exceso de riesgo de cáncer de pulmón a medida que aumentaba la concentración de radón¹. En la pasada década se publicaron dos *pooling studies* que incluyeron los estudios de casos y controles más relevantes hasta ese momento realizados en Europa y Norteamérica, respectivamente^{7,8}. El *pooling study* europeo incluyó más de 7000 casos y 14.000 controles, y observó una relación lineal significativa entre la exposición al radón y el riesgo de cáncer de pulmón (un aumento lineal del 16% en el riesgo de cáncer de pulmón por cada 100 Bq/m³ que aumentaba la exposición al radón residencial). El *pooling study* norteamericano, aunque con una muestra menor, obtuvo resultados similares. Desde hace años, las autoridades norteamericanas mantienen un nivel de acción de 148 Bq/m³. Estas investigaciones impulsaron a la Organización Mundial de la Salud a iniciar el International Radon Project, que culminó con la publicación en el año 2009 de un libro de referencia, el *WHO Handbook on indoor radon*¹, que ha bajado la concentración de radón residencial considerada segura a 100 Bq/m³.

En España se han realizado cuatro estudios de casos y controles, tres en Galicia^{9–11} y uno en Cantabria¹². Los tres estudios gallegos, con un tamaño muestral entre los 404 y los 990 sujetos, han observado riesgo ya a partir de bajas concentraciones de radón, y una fuerte sinergia con el consumo de tabaco. El último de estos estudios, realizado exclusivamente en nunca fumadores, ha observado también riesgos superiores a 2, con indicios de interacción con la exposición al humo ambiental de tabaco. El estudio de Cantabria, con 258 sujetos, no encontró asociación, debido probablemente a que Cantabria no es una zona de alta exposición al radón residencial (al contrario que Galicia) o a su bajo tamaño muestral.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: alberto.ruano@usc.es (A. Ruano-Raviña).

Radón y otros cánceres diferentes al de pulmón

En la actualidad no hay evidencia científica que confirme o desmienta la asociación entre radón residencial y otros tipos de tumores diferentes al cáncer de pulmón. Hay estudios (ecológicos) que han encontrado asociación entre el radón residencial y la mortalidad por cáncer de esófago¹³, con el cáncer de piel (en el Sudoeste de Inglaterra, también ecológico)¹⁴ y con las leucemias (agrupadas y por subtipos, en mineros)¹⁵, aunque otro estudio en niños no halló asociación¹⁶. Se ha observado asociación con tumores cerebrales en una cohorte danesa¹⁷, y no se encontró asociación con tumores infantiles en una cohorte suiza¹⁸.

Como puede observarse, los datos anteriores son contradictorios y aún son escasos los estudios poblacionales que hayan analizado la relación entre el radón residencial y diversos tumores. Un aspecto relevante que debe tenerse en cuenta es que algunos de los estudios se han realizado en zonas que no se caracterizan por tener concentraciones altas de radón, lo que dificulta hacer modelizaciones que permitan detectar posibles efectos de dosis-respuesta.

Políticas de protección internacionales y nacionales

Muchos países han establecido legislación para proteger a los ciudadanos de los efectos carcinogénicos del radón. Los que van a la cabeza son principalmente Irlanda, los Estados Unidos y el Reino Unido. En los Estados Unidos, los compradores de viviendas tienen derecho a conocer la concentración de radón interior de la vivienda que pretenden comprar¹⁹, y las empresas de medición de radón deben estar acreditadas. La mayor parte de los países tienen mapas de exposición al radón residencial, que clasifican la concentración por entidades geográficas administrativas (condados, municipios) o por cuadrículas. Estos mapas son de utilidad para planificar soluciones constructivas de acuerdo con la zona geográfica (más

protección en zonas de más riesgo). Irlanda es un buen ejemplo que demuestra que, si existe voluntad política, puede avanzarse mucho en la protección de la población. Así, en un período de tiempo corto se realizaron decenas de miles de mediciones en domicilios, escuelas (no debe olvidarse que los niños son organismos en crecimiento y que pasan en las aulas una gran parte del día, por lo que debería aplicarse un principio de precaución) y otros lugares de ocupación pública. Se promulgó legislación adaptada a la concentración de radón residencial en cada zona geográfica y se elaboraron mapas interactivos que permiten estimar la concentración de radón a la que pueden estar expuestos los ciudadanos en función de su lugar de residencia (puede consultarse en <http://www.epa.ie/radiation/>). Una iniciativa similar, aunque más modesta, se está realizando en Galicia, donde son públicos los mapas de radón residencial por municipios (http://www.usc.es/radongal/mapa_med.html).

La Unión Europea (UE) ha publicado en enero de 2014 una directiva (2013/59/EURATOM) en la cual se establecen los niveles admisibles de radón en domicilios y lugares de trabajo²⁰. A la vista de la importancia del radón residencial como carcinógeno humano, la UE fija unos niveles límite para domicilios y lugares cerrados de 300 Bq/m³ de exposición promedio anual. Es más, indica que los estados miembros deberían incluir en sus Códigos Técnicos de Edificación el problema del radón y cómo solucionarlo. Los estados miembros disponen hasta 2018 para transponer esta directiva.

Recientemente, el Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado un mapa de exposición al radón residencial en el que han participado la Universidad de Cantabria, la Universidad de Santiago de Compostela y la Universidad Politécnica de Cataluña. Este mapa aparece en la [figura 1](#), donde se observa que las zonas que presentan mayor riesgo son Galicia, el sur y el oeste de Castilla y León, el norte de Extremadura y la Comunidad de Madrid, entre otros lugares. El subsuelo de estas zonas es fundamentalmente granítico, y el granito contiene uranio en grandes cantidades.

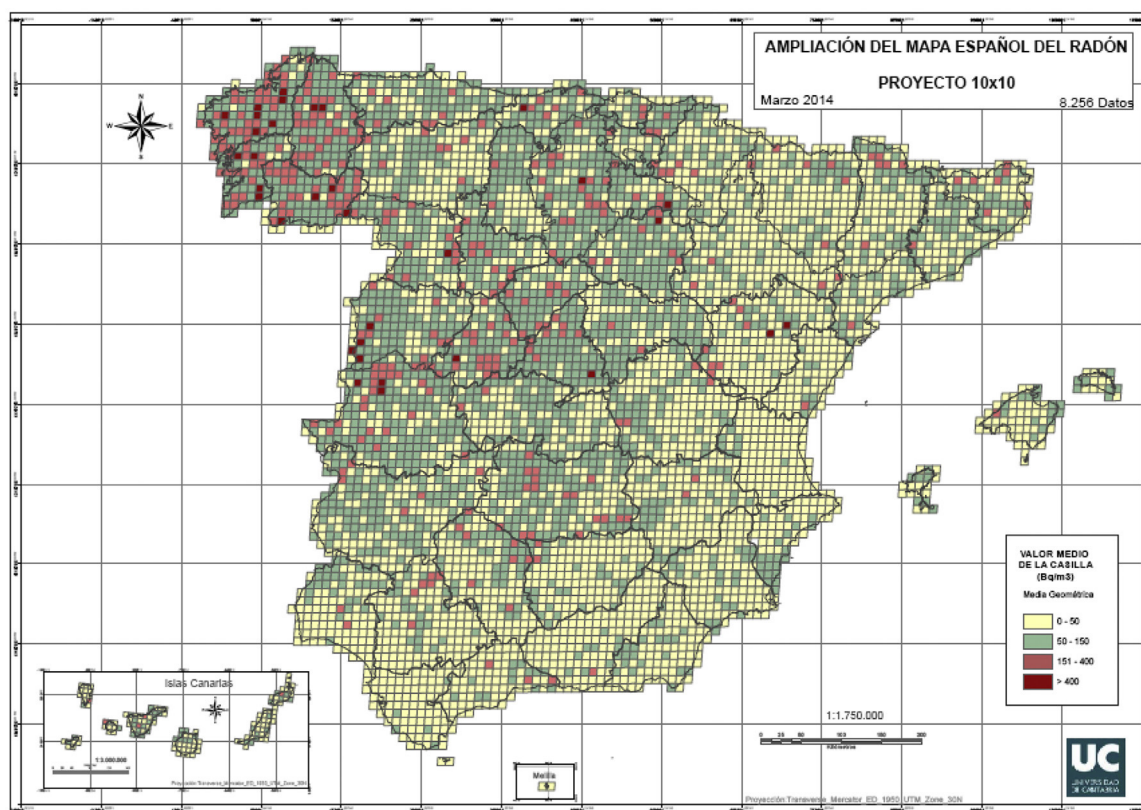


Figura 1. Mapa de exposición al radón residencial de España. Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear. Cada cuadrícula corresponde a una superficie de 10 km². Se incluyen 8256 mediciones.

En España hay legislación que protege a los trabajadores²¹ y que indica que la exposición media anual al radón en el puesto de trabajo no debe superar los 600 Bq/m³. En lugares de trabajo con alta permanencia del público, la concentración se reduce a 300 Bq/m³ (hospitales, cárceles, colegios). Son cifras de exposición al radón residencial bastante altas y que deberían ser revisadas, sobre todo si se aplica la extrapolación del riesgo observado en el *pooling study* europeo. En todos los casos, los titulares de las actividades deben realizar las mediciones y advertir a los trabajadores. También existe un listado de actividades profesionales en las cuales los empleadores deben realizar mediciones. Se indica específicamente que los titulares deben medir en «lugares de trabajo, subterráneos o no subterráneos, en áreas identificadas por sus valores elevados de radón», lo que significa que tiene que medirse el radón interior en los lugares de trabajo situados en áreas geográficas consideradas de riesgo²¹. Queda pendiente la definición formal de estas áreas de riesgo por parte del Consejo de Seguridad Nuclear, que ya dispone de la información necesaria para ello.

Es necesaria una mayor implicación de las administraciones públicas, tanto nacionales como autonómicas, para reducir la exposición de la población a este carcinógeno. Es crucial introducir la prevención y la mitigación del radón residencial en el nuevo Código Técnico de Edificación (tal como recomiendan todos los organismos internacionales), e informar a los ciudadanos de los riesgos de la exposición al radón interior. Las administraciones autonómicas deberían incluir en sus programas de salud pública uno dirigido específicamente a la protección radiológica de origen natural (con campañas de medición, acreditación de empresas de remediación del radón, identificación de zonas de riesgo y promoción de la medición de radón intensiva en esas áreas). En este sentido, conviene recordar la obligación legal, ya existente en España, de que las Consejerías de Industria «creen el registro de puestos de trabajo con contaminación por radón y las correspondientes acciones de remedio realizadas por los titulares de las empresas»²². A día de hoy, desconocemos la puesta en marcha de ninguno de ellos. Quizá esto se deba a que el radón no se ve ni se huele, aunque participa en torno al 10-25% de todos los casos de cáncer de pulmón^{23,24}.

Contribuciones de autoría

Todos los autores han contribuido por igual en la concepción y la redacción del manuscrito y se responsabilizan por igual de su contenido.

Financiación

Ninguna.

Conflictos de intereses

Ninguno.

Bibliografía

- WHO handbook on indoor radon: a public health perspective [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2009. (Consultado el 8/7/14.) Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143216/>
- Barros-Dios JM, Ruano-Raviña A, Gastelu-Iturri J, et al. Factors underlying residential radon concentration: results from Galicia. Spain Environ Res. 2007;103:185-90.
- Ruano-Raviña A, Barros-Dios JM. Radón interior. Un carcinógeno laboral olvidado. Arch Prev Riesgos Labor. 2013;16:5-6.
- National Research Council Staff. Health effects of exposure to radon. Vol. VI. [Internet]. Washington: Joseph Henry Press [Imprint] National Academies Press; 1999. (Consultado el 11/7/14.) Disponible en: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=5499
- International Agency for Research on Cancer, editor. Ionizing radiation. Part 2. IARC; 2000.
- Protecting people and families from radon: a federal action plan for saving lives [Internet]. Washington, DC: US Environmental Protection Agency. Disponible en: <http://www.epa.gov/radon/pdfs/Federal.Radon.Action.Plan.pdf>
- Darby S, Hill D, Auvinen A, et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. BMJ. 2005;330:223.
- Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. Epidemiology. 2005;16:137-45.
- Barros-Dios JM, Barreiro MA, Ruano-Raviña A, et al. Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study. Am J Epidemiol. 2002;156:548-55.
- Barros-Dios JM, Ruano-Raviña A, Pérez-Ríos M, et al. Residential radon exposure, histologic types, and lung cancer risk. A case-control study in Galicia, Spain. Cancer Epidemiol Biomark Prev Publ Am Assoc Cancer Res Cosponsored. Cancer Epidemiol Biomark Prev. 2012;21:951-8.
- Torres-Durán M, Ruano-Raviña A, Parente-Lamelas I, et al. Lung cancer in never smokers. A case-control study in a radon prone area (Galicia, Spain). Eur Respir J. 2014, pii: erj00171-2014. [Epub ahead of print].
- Llorca J, Bringas-Bollada M, Quindós-Poncela LS. Falta de asociación entre las concentraciones de radón en el domicilio y el cáncer de pulmón en Cantabria. Arch Bronconeumol. 2007;43:696.
- Ruano-Raviña A, Aragonés N, Pérez-Ríos M, et al. Residential radon exposure and esophageal cancer. An ecological study from an area with high indoor radon concentration (Galicia, Spain). Int J Radiat Biol. 2014;90:299-305.
- Wheeler BW, Allen J, Depledge MH, et al. Radon and skin cancer in southwest England: an ecologic study. Epidemiology. 2012;23:44-52.
- Rericha V, Kulich M, Rericha R, et al. Incidence of leukemia, lymphoma, and multiple myeloma in Czech uranium miners: a case-cohort study. Environ Health Perspect. 2006;114:818-22.
- Kendall GM, Little MP, Wakeford R, et al. A record-based case-control study of natural background radiation and the incidence of childhood leukaemia and other cancers in Great Britain during 1980-2006. Leukemia. 2013;27:3-9.
- Bräuner EV, Andersen ZJ, Andersen CE, et al. Residential radon and brain tumour incidence in a Danish cohort. PLoS One. 2013;8:e74435.
- Hauri D, Spycher B, Huss A, et al. Domestic radon exposure and risk of childhood cancer: a prospective census-based cohort study. Environ Health Perspect. 2013;121:1239-44.
- Home Buyer's and Seller's Guide to Radon [Internet]. United States Environmental Protection Agency. (Consultado el 7/7/14.) Disponible en: <http://www.epa.gov/radon/pubs/hmbyguid.html>
- Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de 5 de diciembre de 2013 por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom [Internet]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:ES:PDF>.
- Instrucción IS-33, de 21 de diciembre de 2011, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural. [Internet]. Sect. III Jan 26, 2012. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2012/01/26/pdfs/BOE-A-2012-1238.pdf>
- Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por Real Decreto 783/2001, de 6 de julio. [Internet]. Sect. Disposiciones generales. Nov 18, 2010. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2010/11/18/pdfs/BOE-A-2010-17709.pdf>
- Catelinolis O, Rogel A, Laurier D, et al. Lung cancer attributable to indoor radon exposure in France: impact of the risk models and uncertainty analysis. Environ Health Perspect. 2006;114:1361-6.
- Pérez-Ríos M, Barros-Dios JM, Montes-Martínez A, et al. Attributable mortality to radon exposure in Galicia, Spain. Is it necessary to act in the face of this health problem? BMC Public Health. 2010;10:256.