

RIESGOS VINCULADOS A LA EXPOSICIÓN AL RADÓN

RISKS RELATED TO EXPOSURE TO RADON

Juan Miguel Barros Dios^{1,2}

¹Área de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidade de Santiago de Compostela

²Laboratorio de Radón de Galicia. Hospital Clínico Universitario

RESUMEN

Se comentan las diferentes evidencias científicas de que el radón y sus descendientes de vida media corta son responsables de la aparición de un número no desdeñable de cánceres de pulmón entre la población expuesta en domicilios y edificios públicos (exposición laboral). Asimismo, se traza una pequeña aproximación al camino recorrido por este conocimiento y su difícil aceptación por parte de las diferentes Administraciones de numerosos países y, en concreto, de España, así como las diversas investigaciones que el Grupo Galego do Radon y el Laboratorio de Radón de Galicia, del Área de Salud Pública, de la Universidad de Santiago de Compostela, llevan aportando a ese conocimiento científico. Por último, se valoran las escasas iniciativas legislativas sobre el problema en España.

PALABRAS CLAVE: radón, cáncer de pulmón, prevención, legislación.

INTRODUCCIÓN

Las partículas alfa son emisiones de elementos radiactivos que están formadas por dos protones y dos neutrones, o lo que es lo mismo, un núcleo de helio (^4He), lo que las convierte en las más pesadas de los tres tipos existentes y, por ello, menos penetrantes que las partículas beta y gamma. Esta fue quizás la causa de cierto escepticismo inicial para aceptar su potencial mutagénico y cancerígeno que posteriormente se demostraría en estudios sobre animales y tejidos humanos^{1,2,3}. Todo ello a pesar de que la Environmental Protection Agency (EPA) estableciese en 1987 el *nivel de acción* o límite superior de exposición residencial en los 148 Bq/m³, y de su definición como cancerígeno humano en 1988 por la International Agency of Research on Cancer (IARC)⁴ y la propuesta del NRC (National Research Council de National Academies) de Estados Unidos de extrapolación del modelo matemático basado en los estudios en mineros del uranio⁵.

El radón domiciliario se acumula en las viviendas a partir de su exhalación desde el subsuelo sobre el que

ABSTRACT

They discuss the different scientific evidence that radon and its short half-life descendants are responsible for the appearance of a considerable number of lung cancers among the exposed population in homes and public buildings (occupational exposure). It also draws a small glimpse at the road traveled by this knowledge and acceptance difficult administrations in many countries and, in particular, of Spain, as well as the various investigations that the team do Galego Radon and Radon Laboratory from Galicia, the area of Public Health, University of Santiago de Compostela (USC), are contributing to scientific knowledge. Finally, they appreciate the few legislative initiatives on the problem in Spain.

KEY WORDS: radon, lung cancer, prevention, legislation.

se ha construido la casa, en mayor proporción si las rocas del mismo son ricas en uranio, elemento origen del radón. El granito contiene unas 5 ppm de uranio. Además, si el mineral está muy envejecido, agrietado y deshecho, la probabilidad de que emita radón se incrementa al aumentar la superficie de emisión.

Como problema de salud pública, su solución está en la disminución de los niveles de radón en los domicilios, una vez se haya demostrado alta concentración del gas. La ventilación de la casa es la medida más sencilla, pero solo reduce un porcentaje limitado, menor del 20%, y eso si se mantiene dos horas, lo que resulta absurdo en climas como el nuestro y va en contra de toda política de ahorro energético, por lo que en casas muy contaminadas ventilar no es suficiente para resolver el problema. Tendrán que tomarse medidas como el cierre de fisuras y grietas y practicar aberturas de aireación en sótanos o entresuelos en los que se acumula una mayor cantidad de radón que se difunde luego hacia los pisos superiores, entre otras posibles medidas. Sin embargo, el gran reto está en un nuevo ordenamiento de la calidad de la vivienda y de las normas de

construcción. Estados Unidos y otros países ya incluyen técnicas de reducción de radón y certificados sobre casas construidas que oficialmente indican que dicha construcción no sobrepasa los niveles de actuación de la EPA (148 Bq/m³). En Europa la recomendación para casas ya construidas es no superar los 400 Bq/m³ (un límite exageradamente permisivo y ya en revisión a la baja) y no se deben sobrepasar los 200 Bq/m³ en las casas de nueva construcción.

Desafortunadamente, el nuevo Código de Edificación, publicado en marzo de 2006, no recogió las recomendaciones del Consejo de Seguridad Nuclear que clasifica las zonas del país en bajo, medio y alto riesgo, según el 10% de las casas tengan menos de 100, entre 100 y 200, o superen los 200 Bq/m³. En Galicia estas últimas son numerosas. Si se siguen los modelos de otros países, la normativa debería incluir la recomendación de la necesaria medida del radón en las viviendas y la subsecuente reducción de su concentración si es alta. Además, se trataría de introducir nuevas tecnologías en la construcción de las nuevas edificaciones para hacerlas "impermeables" al radón en aquellas zonas de alto riesgo, así como la facilitación de reformas en las ya construidas que las necesiten. Las técnicas para ello llevan más de tres décadas utilizándose en Norteamérica y numerosos países de Europa, a un costo mínimo. La grata noticia desde enero de 2008 fue la mención explícita al tema en las Normas de Habitat Galego (DOG 17/01/2008) que publicó la Consellería de Vivienda e Solo, y que, aunque deberían ser desarrolladas en muchos aspectos, han quedado anuladas en mínima mención por la nueva Xunta de Galicia. La esperanzadora puerta que se abría para sensibilizar al ciudadano y a los sectores implicados (arquitectos, constructores y promotores inmobiliarios) deberá estar a la altura en que ha quedado cerrada. Ello a pesar de que una moción en el Senado del mismo partido que gobierna en Galicia fue aprobada por unanimidad en febrero de 2010, recomendando, entre otras cosas, al Gobierno y Gobiernos autónomos a adaptar medidas realmente accesibles y "baratas" para adecuar las nuevas construcciones a un nivel de calidad sanitaria que pueda ser solicitada por cualquier comprador de una vivienda y al revés: que todo vendedor pueda ofertar casas *libres de radón*.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Ya en 1500, Agrícola describió una enfermedad respiratoria entre los mineros de Erz, en el este de Europa, que en 1879 será identificada como cáncer de pulmón por Karting y Hesse. En 1921, Uhling relacionó por vez primera este cáncer con las emanaciones de radio, y ya en la década de los años 70 del siglo XX, los referidos estudios sobre mineros establecieron que la sobremortalidad por cáncer de pulmón de este colectivo se debía a la exposición al único descendiente gaseo-

so de la cadena de desintegración del uranio 238, el radón 222.

En 1990, la recomendación del EURATOM⁶ establece los límites recomendados para casas de nueva construcción (200 Bq/m³) y para casas ya construidas (400 Bq/m³). En esa misma década aumenta la realización de estudios epidemiológicos, sobre todo de casos y controles sobre cáncer de pulmón y exposición residencial a radón, y se ratifica el modelo estimado del radón como factor de riesgo en mineros⁷. En 1999, el NRC publica su *Biological Effects of Ionization Radiation* (BEIR VI)⁸ que actualiza el BEIR IV y define el radón y sus descendientes de vida media corta como segunda causa de cáncer pulmonar, después del tabaco.

SITUACIÓN ACTUAL

Las llamadas por algunos contradicciones entre ciertos estudios de casos y controles, debido a resultados discrepantes o poco relevantes, se verán disipadas con el estudio colaborativo (*Pooling Study*) europeo de Darby *et al.*⁹, en el que 13 estudios europeos de casos y controles seleccionados por su calidad funden sus bases de datos y permiten un nuevo análisis de más de 7.000 casos de cáncer pulmonar y más de 14.000 controles. Como dato más relevante, se define un modelo lineal de riesgo en el que por cada 100 Bq de incremento en la exposición prolongada en el domicilio se observa un aumento del 16% en el riesgo de aparición de cáncer de pulmón. Ya anteriormente, Pavia *et al.*¹⁰ habían publicado en 2003 un metaanálisis de 17 estudios internacionales que demostraron un incremento de riesgo mayor del 20% para exposiciones de 150 Bq/m³ o más (OR = 1,24 [1,11 – 1,38]).

En ambos trabajos fue incluida nuestra primera investigación realizada en Galicia: un estudio de casos y controles en el área sanitaria de Santiago de Compostela, en la que se pusieron de manifiesto riesgos de 2 a 3, incluso a exposiciones inferiores a los 148 bequerelios.

El estudio europeo de 2005 y su homólogo americano¹², que encuentra incrementos de riesgo del 11% por cada 100 bequerelios de aumento en la exposición, servirían para que la OMS lanzase su iniciativa de un comité de expertos en radón, que de 2005 a 2007 celebró tres reuniones en Ginebra (2005 y 2006) y Múnich (2007) en el marco del International Radon Project¹³. Como resultado de los trabajos de dicho comité, en octubre de 2009 sale publicado el informe técnico correspondiente¹⁴, en el que en seis capítulos se sintetizan las políticas recomendadas a los Gobiernos miembros y el conocimiento científico sobre el tema, asentado a lo largo de varias décadas. En el primero de dichos capítulos se confirma que la exposición crónica residencial

a radón y descendientes incrementa el riesgo de padecer un cáncer pulmonar. Del 3 al 14% de todos los cánceres de pulmón se asocian a la exposición al radón, dependiendo de las concentraciones en cada país o zona y de los métodos de cálculo. No se puede hablar de la existencia de un umbral, por lo que el modelo lineal aparece como el más adecuado. El radón, por lo tanto, constituye la segunda causa de cáncer de pulmón en la población fumadora y la primera entre los no fumadores, y lo que es más importante: ese riesgo aparece con niveles de radón bajos y moderados. El capítulo 2 está dedicado a la medida del radón y sus técnicas; el 3, a la reducción y técnicas y el 4, al costo y eficacia de las medidas reductoras propuestas. El capítulo 5 recoge la comunicación del riesgo del radón a la población y el capítulo 6 plantea una serie de programas de información, estudios de radón en domicilios o encuestas y programas nacionales de reducción de radón que los diversos Gobiernos con el problema en sus países deberían implantar y fomentar.

EXPERIENCIA DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN DEL LABORATORIO DE RADÓN DE GALICIA (USC)

Como aportaciones específicas del grupo de investigación sobre radón, que me honro en dirigir, debemos recordar que no solo el diseño de casos y controles, sino el de cohortes, permite confirmar esa asociación. En la cohorte ambispectiva seguida desde 1992 a 2006 hemos hallado un riesgo de aparición de cáncer pulmonar, entre los controles sanos utilizados en la primera investigación, de más de 6 (OR = 6,6)¹⁵ y en cuestión de mortalidad atribuida la radón, el porcentaje de muertes por cáncer de pulmón debido al radón en nuestra área de Galicia estudiada varía del 3 al 5%. Cuando se estudia la interacción con el hábito tabáquico, ese porcentaje se acerca al 25% de todos los cánceres pulmonares en los que interviene la exposición a radón en los domicilios¹⁶.

Es importante explicar que las recomendaciones de diversas agencias internacionales se centran en investigar los efectos del radón a bajas dosis, en la profundización en la susceptibilidad genética del cáncer pulmonar y, en lo que a nuestro grupo respecta, en la interacción de estos factores. En esa trayectoria hemos iniciado la línea de investigación sobre alteraciones genéticas en diferentes niveles de exposición a radón^{17,18} y la susceptibilidad al cáncer pulmonar de algunos polimorfismos^{19,20}.

Por último, el Grupo de Radón de Galicia ha elaborado el mapa de radón de Galicia, instrumento abierto y en permanente actualización, con más de 2.600 casas en las que se han medido sus niveles de radón, clasificando por comarcas y municipios las áreas de alto, medio y bajo riesgo de radón, según la clasificación interna-

cional, por las que se superen los 200 Bq/m³ en el 10%, del 10 al 5%, o menos del 5% de las casa estudiadas. Lo cual nos permite ratificar que Galicia es una zona de alto riesgo de exhalación de radón a los domicilios y volver a insistir en la necesidad de legislar al respecto, cosa que llevamos pidiendo durante los tres últimos lustros, conjuntamente al Consejo de Seguridad Nuclear y a la Fundación Eduardo Torroja, del CSIC, y de nuestros compañeros del grupo de Luis Quindós, de la Universidad de Cantabria, sin grandes resultados por parte de las Administraciones y sectores implicados. Pero en ello seguiremos.

REFERENCIAS

1. Collier CG, JC Strong, Baker ST, Eldred T, Humphreys JAH, Cobb LM. Effects of continuous inhalation exposure of rats to radon and its progeny at various levels of dose and dose rate; interim results. *Radiation Research* 1999; 152(6):S141-4.
2. Hickman AW, Jaramillo RJ, Lechner FJ, Johnson NF. Alpha-particle induced p53 protein expression in rat lung epithelial cell strain. *Cancer Research* 1994; 54:5797-800.
3. Hei T.K., Piao CQ, Willey JC, Thomas S, Hall E.J.. Malignant transformation of human bronchial epithelial cells by radon-simulated alpha-particles. *Carcinogenesis* 1994; 15(3):431-47.
4. IARC (International Agency of Research on Cancer). Man-made mineral fibres. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol 43. Lyon: IARC Press; 1988.
5. NRC (National Research Council). Health Risks of radon and other internally deposited alpha-emitters. BEIR IV. Washington D.C.: National Academies Press; 1988.
6. 90/143/EURATOM: commission recommendation of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/90143_en.pdf
7. Lubin JH, Boice Jr JD, Edling C, Hornung RW, Howe GR, Kunz E, Kusiak RA, Morrison HI, Radford EP, Samet JM, Tirmarche M, Woodward A, Yao SX, Pierce DA. Lung cancer in radon exposed miners and estimation of risk from indoor exposure. *Journal of the National Cancer Institute* 1995; 87(11):817-27.
8. NRC (National Research Council). Health effects of exposure to radon (BEIR VI). Washington D.C.: National Academies Press; 1998.
9. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruostenoja E, Schaffrath Rosario A, Tirmarche M, Tomášek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal* 2005;330:223-7. doi:10.1136/bmj.38308.477650.63. (2004).
10. Pavia M, Bianco A, Pileggi C, Angelillo IF. Meta-analysis of residential exposure to radon gas and lung cancer. *Bulletin of the World Health Organization* 2003; 81(10):732-738.
11. Barros-Dios JM, Barreiro MA, Ruano-Ravina A, Figueiras

- A. Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: A population-based case-control study *American Journal of Epidemiology* 2002;156 (6): 548-55.
12. Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, Catalan VS, Field RW, Klotz JB, Letourneau EG, Lynch CF, Lyon JI, Sandler DP, Schoenberg JB, Steck DJ, Stolwijk JA, Weinberg C, Wilcox HB. Residential radon and risk of lung cancer: A combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology* 2005;16(2):137-45.
 13. WHO (World Health Organization). International Radon Project; 2004. http://www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en/index.html
 14. WHO (World Health Organization). Handbook on Indoor Radon; 2009. <http://apps.who.int/bookorders/anglais/depart1.jsp?sesslan=1&codlan=1&codcol=15&codcch=763>
 15. Ruano-Ravina A, Rodríguez MC, Cerdeira-Caramés S, Barros-Dios JM. Residential radon and lung cancer. *Epidemiology* 2009 Jan;20(1):155-6.
 16. Pérez-Ríos M, Barros-Dios JM, Montes-Martínez A, Ruano-Ravina A. Attributable mortality to radon exposure in Galicia, Spain. Is it necessary to act in the face of this health problem?. *BMC Public Health*.2010 May 18;10:256. doi: 10.1186/1471-2458-10-256.
 17. Ruano-Ravina A, Faraldo-Valles MJ, Barros-Dios JM. Is there a specific mutation of p53 gene due to radon exposure? A systematic review. *Int J Radiat Biol* 2009 Jul;85(7):614-21.
 18. Ruano-Ravina A, Pérez-Becerra R, Fraga M, Kelsey KT, Barros-Dios JM. Analysis of the relationship between p53 immunohistochemical expression and risk factors for lung cancer, with special emphasis on residential radon exposure. *Ann Oncol* 2008;19(1):109-14. Epub 2007.
 19. Ruano-Ravina A, Figueiras A, Loidi L, Barros-Dios JM. GSTM1 and GSTT1 polymorphisms, tobacco and risk of lung cancer: a case-control study from Galicia, Spain. *Anticancer Res* 2003 Sep-Oct;23(5b):4333-7.
 20. Raimondi S, Paracchini V, Autrup H, Barros-Dios JM, Benhamou S, Boffetta P, Cote ML, Dialyna IA, Dolzan V, Filiberti R, Garte S, Hirvonen A, Husgafvel-Pursiainen K, Imyanitov EN, Kalina I, Kang D, Kiyohara C, Kohno T, Kremers P, Lan Q, London S, Povey AC, Ranug A, Reszka E, Risch A, Romkes M, Schneider J, Seow A, Shields PG, Sobti RC, Sørensen M, Spinola M, Spitz MR, Strange RC, Stücker I, Sugimura H, To-Figuerras J, Tokudome S, Yang P, Yuan JM, Warholm M, Taioli E. Meta- and pooled analysis of GSTT1 and lung cancer: a HuGE-GSEC review. *Am J Epidemiol* 2006 Dec 1;164(11):1027-42. Epub 2006 Sep 25. PMID: 17000715.