

La exposición al radón en las viviendas: ¿Un problema de salud pública? La necesidad de la implementación de un programa integral de vigilancia de radón

Radon exposure in homes: A public health problem? The need for the implementation of a comprehensive radon monitoring program

Carol Ordoñez-Aquino^{1,a},
Gustavo F. Gonzales^{2,b}

Ordoñez-Aquino C, Gonzales GF. La exposición al radón en las viviendas: ¿Un problema de salud pública? La necesidad de la implementación de un programa integral de vigilancia de radón. Rev Soc Peru Med Interna. 2023;36(1): 51 - 53. <https://doi.org/10.36393/spmi.v36i1.738>

Señor editor:

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce al radón como la segunda causa principal de cáncer de pulmón, en la población general, después del producido por el tabaquismo.¹ Con un mayor riesgo de cáncer de pulmón para los fumadores debido a los efectos sinérgicos de los productos de descomposición del radón y el tabaquismo.² También la exposición al radón ha sido asociada a leucemia infantil en pacientes que viven en Europa y áreas con altos niveles de radón (≥ 100 Bq/m³).³ Las partículas alfa emitidas por el radón pueden contribuir al riesgo de cáncer de piel melanoma y no melanoma y asma.^{4,5} Igualmente, se ha asociado la exposición al radón residencial con cánceres no pulmonares, como los de piel, sistema nervioso central (SNC), renal y estómago.⁶

El radón es un gas radiactivo que se encuentra naturalmente en el suelo y que puede acumularse en los edificios⁴. Es incoloro, inodoro e insípido⁷ que resulta de la cadena de desintegración natural de los isótopos de uranio (uranio-238, uranio-236 y uranio-235)^{8,9}, torio¹⁰ y del radio-226¹¹ en el suelo, la roca, los materiales de construcción, las aguas subterráneas y las zonas mineras, y se puede encontrar en el entorno que nos rodea en concentraciones variables. De todos ellos, el suelo es la principal fuente de radón.^{8,9} El gas radón-222 tiene una vida media de 3,8 días.¹¹

Anteriormente, la evaluación de la exposición del radón tenía principalmente un enfoque ocupacional; así, en los trabajadores de las minas de uranio¹² o también de minas que no contienen uranio.¹³ Los trabajadores varones que pasaban ocho horas al día (2 080 horas al año) en una fábrica de mármol recibían una dosis máxima de 34,46 milisievert (mSv) año⁻¹, que es superior al intervalo límite de dosis (3-10 mSv año⁻¹) dado por la International Commission on Radiological Protection (ICRP).¹⁴

El conocer cómo varía el radón en ambientes interiores durante el año permite determinar el mejor momento para realizar las pruebas de medición y evitar subestimar la exposición. En un estudio en edificios ubicados en 46 estados de EE. UU. de N.A. y el distrito de Columbia (DC) se analizó la variación temporal de las concentraciones de radón, la que varió de 3,7 Bq m⁻³ (becquerelios por metro cúbico) a 52 958,1 Bq m⁻³, con una media global de 181,4 Bq m⁻³. Alrededor del 35,4% de las pruebas tuvieron un nivel de concentración de radón igual o mayor que el nivel de referencia de 148 Bq m⁻³ de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA). Las concentraciones más altas se encontraron en enero (203,8 Bq m⁻³), que correspondió al invierno y las más bajas en julio (129,5 Bq m⁻³) que correspondió al verano. Se encontraron concentraciones medias mensuales más altas de radón en interiores en enero, febrero y octubre, y más bajas en julio, agosto y junio.¹⁵

No todos los países registraron niveles de radón (Rn) en interiores por encima del nivel de referencia. Por ejemplo, un estudio en el Golfo Pérsico mostró valores en viviendas por debajo del nivel de referencia.¹⁶ Un estudio en Roma demostró que los altos niveles residenciales de radón tienden a concentrarse en el centro histórico y ello se debería la influencia de factores como la antigüedad del edificio,

¹ Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria -DIGESA, Lima, Perú. <https://orcid.org/0000-0002-3586-2044>

² Laboratorio de Endocrinología y Reproducción del Laboratorio de Investigación y Desarrollo (LID), Departamento de Ciencias Biológicas y Fisiológicas, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-1611-2894>

^a Ingeniera ambiental, magister.

^b Doctor en ciencias, doctor en medicina.



los materiales de construcción y el radón geogénico.¹⁷ No solamente en edificios antiguos es posible encontrar altas concentraciones de radón. De 87 casas nuevas en aproximadamente 300 acres de antiguas tierras agrícolas en EEUU, se encontró que 19 casas tenían concentraciones de radón-222 (²²²Rn) en el sótano superiores a 37 000 Bq m⁻³, con el resultado más alto registrado hasta la fecha siendo 648 000 ± 1 031 Bq m⁻³. Estas viviendas unifamiliares se encuentran en la esquina sureste del condado de Lehigh, Pensilvania, a unos 58 km al noroeste de Filadelfia, en una unidad geológica conocida como la Formación Epler.¹⁸

En el Perú son escasos los estudios de la salud de la población expuesta al radón en sus viviendas. Los resultados hallados se desarrollaron en periodo de dos años, donde encontraron que las concentraciones de radón en la zona de Lima Centro (205 Bq m⁻³), justamente donde se encuentran las viviendas más antiguas, y en Lima Sur (182 Bq m⁻³) fueron mayores en comparación a las demás zonas de Lima.¹⁹

Posteriormente, dos tesis de postgrado se enfocaron en desarrollar mapeos distritales de radón en Lima Metropolitana 2015-2016, la primera en el distrito San Martín de Porres y la segunda en el distrito de San Luis. En el primer distrito, las concentraciones promedio de ²²²Rn en el interior de viviendas monitoreadas fue de 155,6 Bq m⁻³ y determinaron una probabilidad de 7,6 % de superar el nivel de referencia de 200 Bq m⁻³ establecido por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). En los dormitorios se observó los valores más altos de radón (179,6 Bq m⁻³) en comparación a la cocina y sala (161,8 Bq m⁻³ y 151,8 Bq m⁻³).²⁰ En el segundo distrito, las concentraciones promedio de ²²²Rn fueron 68±21 Bq m⁻³; sin embargo, en una vivienda encontraron que las concentraciones alcanzaron los (199±40) Bq m⁻³, superando el valor de referencia US EPA (148 Bq m⁻³).²¹

En mediciones desarrolladas durante el 2017 y 2018, se encontró que la concentración promedio de radón en viviendas en Lima Metropolitana fue de 38±3 Bq m⁻³, en Arequipa fue de 21±1 Bq m⁻³, en Cusco fue de 20±1 Bq m⁻³ y en Puno de 20±1 Bq m⁻³.²²

El 8 de febrero de 2023, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), en un trabajo articulado con el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), realizó una asistencia técnica dirigido a las DIRESAS/GERESAS/DIRIS a nivel nacional para fortalecer las acciones preventivas por la exposición a radón.²³

Dado que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) reconoce que la contaminación del aire es carcinógena para los humanos en un periodo de exposición de mediano a largo plazo²⁴, ello nos lleva a señalar que, en el año 2020, el Perú estuvo en el puesto 42 de los países en el mundo con mayores concentraciones de material particulado menor de 2,5 micrómetros (PM_{2,5}), con un promedio anual de 18,0 µg/m³; siendo así, el cuarto país en América Latina, después de México, con las concentraciones más altas de dicho contaminante atmosférico.²⁵ Ese mismo año, Globocan reportó que la mortalidad por cáncer de pulmón en el Perú se encuentra en el puesto 2, de todos

los tipos de cáncer.²⁶ En ese sentido, es lógico pensar que la sinergia entre la exposición al radón en viviendas y la exposición a los contaminantes del aire, especialmente por el PM_{2,5}, se podría asociar al incremento del cáncer de pulmón en el país; sin embargo, la única manera de saber es realizando el monitoreo de las concentraciones de radón en viviendas. En el Perú, no existe ninguna norma que indique la necesidad de la vigilancia de radón en viviendas, por lo que su impacto en la salud es imposible cuantificarlo.

Dado que la exposición al radón en las viviendas está generando preocupación a nivel mundial debido a su impacto en la salud; es decir, conocida su relación con el cáncer de pulmón, hay una necesidad urgente de comprender los factores de riesgo asociados con la exposición al radón y cómo esto puede ser perjudicial para la salud de las poblaciones expuestas.²⁷ El Perú no puede estar inerte frente a esta preocupación mundial y debería implementar un Programa Integral de Vigilancia de radón en viviendas en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Manual de la OMS sobre el radón en interiores. Una perspectiva de salud pública. 2015. Organización Mundial de la Salud. ISBN 978 92 4 354767 1
2. Hansen V, Petersen D, Sogaard-Hansen J, Rigét FF, Mosbech A, Clausen DS, Mulvad G, Rönnqvist T. Indoor radon survey in Greenland and dose assessment. *J Environ Radioact.* 2023 Feb;257:107080. doi: 10.1016/j.jenvrad.2022.107080.
3. Ngoc LTN, Park D, Lee YC. Human Health Impacts of Residential Radon Exposure: Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Case-Control Studies. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Dec 21;20(1):97. doi: 10.3390/ijerph20010097. PMID: 36612419; PMCID: PMC9819115.
4. Boz S, Berlin C, Kwiatkowski M, Bochud M, Bulliard JL, Zwahlen M, Rössli M, Vienneau D.A prospective cohort analysis of residential radon and UV exposures and malignant melanoma mortality in the Swiss population. *Environ Int.* 2022 Nov;169:107437. doi: 10.1016/j.envint.2022.107437.
5. Mukharesh L, Greco KF, Banzon T, Koutrakis P, Li L, Hauptman M, Phipatanakul W, Gaffin JM. Environmental radon and childhood asthma. *Pediatr Pulmonol.* 2022a Dec;57(12):3165-3168. doi: 10.1002/ppul.26143.
6. Reddy A, Conde C, Peterson C, Nugent K. Residential radon exposure and cancer. *Oncol Rev.* 2022 Mar 14;16(1):558. doi: 10.4081/oncol.2022.558. PMID: 35386751; PMCID: PMC8977862.
7. Pawel DJ, Puskin JS. The US environmental protection agency's assessment of risks from indoor radon. *Health Phys.* 2004;87:68-74.
8. Bowie C, Bowie SH. Radon and health. *Lancet.* 1991;337:409-413.
9. Belete GD, Alemu Anteneh Y. General overview of radon studies in health hazard perspectives. *J Oncol.* 2021;2021:6659795
10. Tokonami S. Characteristics of thoron (²²⁰Rn) and its progeny in the indoor environment. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Nov 25;17(23):8769. doi: 10.3390/ijerph17238769. PMID: 33255858; PMCID: PMC7728306
11. Bräuner EV, Rasmussen TV, Gunnarsen L. Variation in residential radon levels in new Danish homes. *Indoor Air.* 2013 Aug;23(4):311-7. doi: 10.1111/ina.12021.
12. Sahu P, Beg IA, Panigrahi DC. Comparative study of radon sources and associated health risk in four underground uranium mines. *Environ Monit Assess.* 2023 Feb 15;195(3):400. doi: 10.1007/s10661-023-10952-0. PMID: 36790625
13. Chen J. A Review of radon exposure in non-uranium mines-estimation of potential radon exposure in Canadian mines. *Health Phys.* 2023 Jan 6. doi: 10.1097/HP.0000000000001661.
14. Misdaq MA, Ben El Fakir M, Ouguidi J. Assessment of Alpha Doses

- Received by Spa Workers Due to the Inhalation of 214 Po and 218 Po Radon Progeny. *Health Phys.* 2022 Nov 1;123(5):402-410. doi: 10.1097/HP.0000000000001605.
15. Manono Fotso Kamgang SL, Monti MM, Salame-Alfie A. Temporal VARIATION IN INDOOR RADON CONCENTRATIONS USING ENVIRONMENTAL PUBLIC HEALTH TRACKING Data. *Health Phys.* 2023 Jan 25. doi: 10.1097/HP.0000000000001671.
 16. Al-Khateeb HM, Nuseirat M, Aljarrah K, Al-Akhras MH, Bani-Salameh H. Seasonal variation of indoor radon concentration in a desert climate. *Appl Radiat Isot.* 2017 Dec;130:49-53. doi: 10.1016/j.apradiso.2017.08.017.
 17. Soldati G, Ciaccio MG, Piersanti A, Cannelli V, Galli G. active monitoring of residential radon in Rome:A pilot study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Oct 26;19(21):13917. doi: 10.3390/ijerph192113917. PMID: 36360796; PMCID: PMC9656804.
 18. Lewis RK, Bleiler DS, Smith RC, Allard DJ. Residential homes with extremely high indoor radon concentrations in Southern Lehigh County, Pennsylvania. *Health Phys.* 2022 Nov 1;123(5):360-364. doi: 10.1097/HP.0000000000001604.
 19. Pereyra P, Lopez ME, Vilcapoma L. Concentration measurements of radon-222 indoors in Lima-Peru. *International Journal of Physics.* 2015;3(4):165-169. DOI:10.12691/ijp-3-4-5
 20. Liza R. Tesis de Maestría: Mapeo de los Niveles de Radón 222 en el distrito de San Martín de Porres (Lima-Perú) en el periodo 2015-2016. 2017. Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
 21. Vega B. Tesis de Maestría: Monitoreo de la concentración de la actividad de Rn-222 en el distrito de San Luis-Lima durante los años 2015-2016. 2017. Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
 22. Guevara C. Tesis de Maestría: Medición de radón-222 en Lima Metropolitana utilizando tres tipos de monitores con detectores de trazas nucleares. 2019. Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú
 23. DIGESA. DIGESA viene realizando asistencias técnicas para fortalecer la vigilancia sanitaria de la calidad del aire. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/noticias/febrero2023/nota12.asp>
 24. Ordoñez-Aquino C, Sánchez-Ccoyllo O. Caracterización química-morfológica del PM_{2.5} en Lima metropolitana mediante microscopía electrónica de barrido (MEB). *Acta Nova.* 2018: 397-420.
 25. IQAir. 2020 World Air quality report. Region & City PM_{2.5} Ranking. 2020.
 26. The Global Cancer Observatory. Peru. Source: Globocan 2020. 2021. Enable: <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/604-peru-fact-sheets.pdf>
 27. Nunes LJR, Curado A, Graça LCCD, Soares S, Lopes SI. Impacts of indoor radon on health: a comprehensive review on causes, assessment and remediation strategies. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Mar 25;19(7):3929. doi: 10.3390/ijerph19073929. PMID: 35409610; PMCID: PMC8997394.

CORRESPONDENCIA:
Carol Ordoñez Aquino
carol.ordonez@upch.pe

Fecha de recepción: 13-03-2023.
Fecha de aceptación: 27-03-2023.

Financiamiento: Autofinanciado.
Conflicto de interés: Los autores no declaran conflicto de interés.

Contribuciones de los autores: COA y GFG participaron en la concepción y aprobación de la versión final.