

MEDIDAS DE RADON EN VIVIENDAS. SITUACION ESPAÑOLA

J. Gutiérrez, P.A. Colgan, D. Cancio
CIEMAT. Instituto de Medio Ambiente. Madrid (España)

RESUMEN

El presente trabajo revisa los resultados de las campañas de vigilancia de radón en viviendas que, con carácter nacional o regional, se han realizado hasta ahora en España. Dichos resultados muestran que la mejor estimación de la media geométrica de las concentraciones de radón en el interior de viviendas es 41.1 Bq.l m^{-3} y que tales concentraciones son, generalmente, mayores en las viviendas unifamiliares que en bloques de apartamentos. Debido a las diferencias en las metodologías de vigilancia y los procedimientos de medida utilizados los resultados tienen que interpretarse cuidadosamente. Los riesgos de la exposición al radón son puestos en perspectiva mediante su comparación con otros riesgos voluntarios. Aunque se han identificado algunas áreas de mayor riesgo se concluye que la implementación de un programa nacional tendente a la reducción de la exposición al radón debe esperar una mejor definición de la extensión del problema.

INTRODUCCION

Mientras una gran cantidad de recursos humanos y materiales se dedica a la medida de la exposición y evaluación de riesgos procedentes de las fuentes de radiactividad artificial y la consiguiente reducción de los riesgos debidos a dichas fuentes, se debe tener en cuenta que, en promedio el 90% de la exposición a las radiaciones es de origen natural y, que de este porcentaje, aproximadamente la mitad puede atribuirse al radón [1].

Al aire libre, sobre suelos continentales, la media mundial de la concentración de radón es de 10 Bq.m^{-3} [1]. Sin embargo cuando el gas radón entra en un espacio cerrado tal como un edificio, se produce una acumulación del mismo y de sus derivados sólidos hasta niveles superiores a los existentes en el exterior, del orden de 40 Bq.m^{-3} como promedio mundial[1].

La importancia del radón como fuente de exposición ha sido reconocida en muchos países, habiéndose puesto el énfasis en definir la distribución de niveles en una escala nacional y, en particular, en identificar las áreas geográficas con más alta exposición. España no ha sido una excepción a este respecto, habiéndose iniciado un cierto número de campañas de vigilancia, de magnitud variable, en los últimos años. Estas campañas han obedecido a iniciativas del organismo regulador Consejo de Seguridad Nuclear, de equipos universitarios y del centro de investigaciones CIEMAT y, en su conjunto, ofrecen una información representativa de la realidad española.

CAMPAÑAS DE VIGILANCIA Y RESULTADOS

Vigilancia Nacional. La única vigilancia que ha cubierto la totalidad del territorio español fué iniciada en 1988 por un equipo de la Universidad de Cantabria [2]. Se realizaron medidas de radón en, aproximadamente, 30 casas de cada una de 55 localidades diferentes distribuidas por todo el país. La campaña se diseñó para obtener una visión general de la exposición al radón en viviendas en España y, por ello, los puntos de medida fueron seleccionados de una manera que estuvieran separados de 100 a 125 km. entre sí, asegurando una cobertura geográfica homogénea de todo el país. En cada area de muestreo

se realizó una evaluación subjetiva para la selección de la localidad más representativa de la geología local y todas las medidas se realizaron en viviendas del sitio seleccionado. La selección de viviendas se realizó mediante el ofrecimiento voluntario de los propietarios de las mismas y solo se eligieron casas unifamiliares y no viviendas en bloques de apartamentos.

La técnica utilizada fué el muestreo de aire, para la posterior medida de radón, usando una cámara de Lucas modificada de 1 litro recubierta con Zn S [Ag] sobre capa de mylar [3]. El protocolo de medida adoptado fué el recomendado por USEPA [4], el cual estipula que el muestreo debe hacerse en los meses de invierno, en el piso más bajo que esté ocupado de la vivienda y bajo condiciones de "casa cerrada" [la vivienda debe haber sido cerrada al menos 12 horas antes de la recogida de la muestra]. Una evaluación de la eficacia de este protocolo [5][6] ha demostrado que, aunque no es aconsejable su utilización para decisiones sobre necesidad de acciones correctoras, la distribución de las concentraciones de radón observada es casi idéntica a la obtenida en el caso de medidas de largo periodo de exposición realizadas en las mismas viviendas.

Los valores informados siguen una distribución log-normal y cubren un rango de tres órdenes de magnitud, desde $< 10 \text{ Bq.m}^{-3}$ a 15.400 Bq.m^{-3} . La media geométrica del conjunto es 41.1 Bq.m^{-3} , no muy diferente a la de otros países de la Unión Europea [7]. La media aritmética calculada es de 86 Bq.m^{-3} , la cual se reduce a 62 Bq.m^{-3} con la hipótesis de que la concentración de radón en apartamentos es la mitad que en casas unifamiliares y promediando el valor de acuerdo a la distribución nacional del tipo de viviendas [8]. Aproximadamente un 9% de las casas mostraron concentraciones mayores de 200 Bq.m^{-3} , un 4% superaron los 400 Bq.m^{-3} y un 1,2% excedieron de 1000 Bq.m^{-3} .

Considerando la distribución por regiones se observa una gran variabilidad; los valores más altos informados de media geométrica corresponden a las regiones de Galicia [117.6 Bq.m^{-3}], Madrid [94.9 Bq.m^{-3}], Extremadura [89.8 Bq.m^{-3}] y Canarias [85.9 Bq.m^{-3}], siendo los más bajos los de Valencia [17.6 Bq.m^{-3}], La Rioja [18.5 Bq.m^{-3}] y Navarra [19.8 Bq.m^{-3}]. Una localidad, situada en la zona minera de uranio del Oeste del país, mostró una media geométrica de 819 Bq.m^{-3} [$n=29$] y 12 de las casas medidas resultaron en una concentración de radón por encima de 1000 Bq.m^{-3} .

Aunque la metodología adoptada para la vigilancia sugiere la interpretación cuidadosa de estos datos, los resultados no son inconsistentes con los obtenidos en la vigilancia de radio en agua y suelos de la zona y los de tasa de dosis externa por radiación gamma. Puede considerarse, por tanto, probable que esta vigilancia nacional represente un buen cuadro de la distribución del radón en viviendas en España, aunque algunas áreas susceptibles de acumulación de altos niveles deben ser aún identificadas.

Vigilancia de Madrid y Barcelona. Las áreas urbanas requieren una especial atención, respecto a la exposición de radón, debido al gran número de personas potencialmente expuestas. Las dos mayores ciudades de España, Madrid y Barcelona, representan juntas, alrededor del 25% de la población total española. Por esta razón ambas ciudades fueron el objeto de una campaña preliminar de vigilancia en 1990 [9] y otra de mayor magnitud en 1991 y 1992 [10], realizadas por el CIEMAT y un equipo de la Universidad Autónoma de Barcelona. En ambos casos se utilizó un detector de trazas nucleares [Makrofol ED], expuesto durante periodos de entre 3 y 6 meses en varios centenares de viviendas.

Los resultados de la segunda campaña, considerada la más representativa por el periodo de exposición más largo y el mayor número de viviendas vigiladas, dieron una media geométrica de 45 y 28 Bq.m⁻³ respectivamente para Madrid y Barcelona. En Madrid el 3% de las medidas excedieron los 200 Bq.m⁻³ y el 1.8% estuvo por encima de los 400 Bq.m⁻³. Para Barcelona los resultados correspondientes fueron del 0.4% y el 0.1%. Las concentraciones más altas en Madrid se asociaron con casas construidas sobre suelos arcósicos [arcillas graníticas] con contenidos en radio típicamente altos. Los suelos sedimentarios predominantes en Barcelona explican los valores más bajos, respecto a Madrid, de la concentración de radón. De acuerdo a campañas similares conducidas en otras partes, se observaron valores de concentración de radón más bajos en apartamentos que en casas unifamiliares. La distribución global se ajusta a una distribución log-normal.

Otras Vigilancia. Un cierto número de campañas de vigilancia de carácter regional y local han sido también realizadas por equipos universitarios, la mayoría de ellas utilizando la técnica del carbón activo como detector, con periodos de exposición de varios días y subsiguiente medida mediante espectrometría gamma de alta resolución. En estas campañas se incluyen la vigilancia de 57 viviendas en las Islas Canarias [11], 449 medidas en la Comunidad Autónoma de Valencia [12] y 60 en la Comunidad Autónoma de Cataluña [13]. Además un equipo de la Universidad de Cantabria ha medido radón en 386 casas de 16 localidades diferentes de Cantabria [14] y en 107 casas de ocho localidades de la Sierra de Guadarrama en el Noroeste de Madrid [15]. Estas dos últimas campañas fueron realizadas usando cámaras de Lucas modificadas y de forma similar a la mencionada anteriormente en la vigilancia nacional. Un resumen de los resultados obtenidos se muestra en la Tabla I.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Hasta la fecha se han realizado unas 3.500 medidas de radón en viviendas en España. La Tabla I ofrece un resumen de los resultados obtenidos para aquellas regiones en las cuales se dispone de más de un conjunto de datos procedentes de campañas de vigilancia distintas. De dicha Tabla, parece claro deducir que las diferencias en la metodología utilizada para la vigilancia, los procedimientos de medida y, quizás, también el tamaño de la muestra son los causantes de la considerable variabilidad de los resultados obtenidos. Por ejemplo, la estimación del número de viviendas en Madrid con concentraciones de radón superiores a los 200 Bq.m⁻³ oscila en un rango del 2,5% al 17%. Ninguna de las vigilancias ha sido diseñada de manera totalmente aleatoria y ello puede ser un factor adicional contribuyente al grado de variabilidad observado entre las diferentes campañas. No obstante, a pesar de la diferente magnitud de las vigilancias y las diferencias en las metodologías utilizadas, las campañas realizadas ofrecen, en conjunto, una información global que puede considerarse representativa de la realidad española.

España no ha adoptado aún formalmente ningún Nivel de Referencia para radón en viviendas, aunque los valores de 200 Bq.m⁻³ para las viviendas existentes y 400 Bq.m⁻³ para las de nueva construcción, tal como se recomienda en [16], se utilizan a menudo como referentes. Las estimaciones actuales [17] del riesgo debido al radón sugieren que la exposición durante toda la vida a una concentración media de 200 Bq.m⁻³ representa un 2% de probabilidad de desarrollar un cáncer de pulmón. Estos factores de riesgo son, por supuesto promediados sobre el total de la población y se ha estimado [8] que los riesgos para fumadores son alrededor del doble del 2% mencionado, mientras que para los no fumadores el factor de riesgo se reduce aproximadamente a la quinta parte.

**Tabla I. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE RADON
(Bq.m⁻³) EN VIVIENDAS ESPAÑOLAS**

Región	N ^(a)	MG ^(b)	Rango	> 200	> 400	Periodo
Madrid[2]	29	94.9	28-492	17%	3%	(c)
Madrid[9]	55	45.0	15-293	5.5%	0%	Abr.-Jul.(e)
Madrid[9]	55	56.8	12-527	7.7%	2.6%	Nov.-Feb.(e)
Madrid[10]	409	39.0	2-1538	2.5%	1.1%	Jul.-Dic.(e)
Madrid[10]	401	52.0	7-1670	3.5%	2.6%	Ene.-Jun.(e)
Cataluña[2]	78	22.9	< 10-1776	1%	1%	(c)
Cataluña[13]	60	26.0	< 7- < 200	0%	0%	Invierno (d)
Barcelona[9]	38	23.9	5-135	0%	0%	Abr.-Jul.(e)
Barcelona[9]	38	40.1	17-232	3.6%	0%	Nov.-Feb.(e)
Barcelona[10]	183	27.0	1-622	0.6%	0.3%	Jul.-Dic.(e)
Barcelona[10]	134	30.0	1-346	0.3%	0%	Ene.-Jun.(e)
Cantabria[2]	67	52.5	< 10-1972	N.A.	N.A.	(c)
Cantabria[14]	386	40.7	20-122	N.A.	N.A.	(c)
Valencia[2]	124	17.6	< 10-214	0.8%	0%	(c)
Valencia[12]	449	34.0	< 19-2680	N.A.	N.A.	(d)
Tenerife[2]	35	85.9	15-1876	17%	11%	(c)
Tenerife[11]	47	49.0	10-870	12.8%	8.5%	(d)
Fteventura[11]	10	15.2	9-93	0%	0%	(d)

(a) N es el número de viviendas medidas

(b) MG es la media geométrica

(c) Muestreo puntual en invierno

(d) Carbón activo y 3 días de periodo de exposición

(e) Detector pasivo de trazas Makrofol ED y 3-6 meses de periodo de exposición

La comparación con otros riesgos voluntarios en España [18][19], tales como los debidos al alcohol [2,5%], accidentes domésticos [1,7%] y accidentes de tráfico [1,25%] indica que ciertas situaciones de exposición, de las identificadas en la vigilancia nacional, merecen atención, ya que un porcentaje significativo de la población puede estar expuesto a un nivel de riesgo, debido al radón, mayor de los citados. Sin embargo, para decidir sobre la manera mas efectiva de asignar recursos a la reducción del riesgo, se necesita una definición mejor de la extensión del problema, de manera que un análisis costo-beneficio resulte útil [20]. Dicha definición ha de proporcionarla una continuación adecuada del programa nacional de radón efectuado hasta la fecha.

REFERENCIAS

- [1] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionising Radiation. Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.(1993)
- [2] QUINDOS,L.S.; FERNANDEZ,P.L. and SOTO,J. National survey of indoor radon in Spain. *Environment International* 17 (1991) 449-453.

- [3] QUINDOS, L.S.; FERNANDEZ, P.L.; SOTO, J. and NEWTON, G.J. A modified Lucas cell for leakage measurement from encapsulated radium sources. *Applied Radiation Isotopes* 42 (1991) 1108-1110.
- [4] USEPA. Indoor Radon and Radon Decay Product Measurement Protocols. United States Environmental Protection Agency. (1991)
- [5] STECK, D.J. A comparison of EPA screening measurements and annual ^{222}Rn concentrations in statewide surveys. *Health Physics* 58 (1990) 523-530.
- [6] WHITE, S.B. Making mitigation decisions based on short-term tests of ^{222}Rn . *Health Physics* 67 (1994) 180-182.
- [7] CEC. Radiation Atlas: Sources of Ionising Radiation in Europe. Commission of the European Communities, Luxembourg. (1992)
- [8] COLGAN, P.A. Exposure to radon in Spain. Current status and future direction. CIEMAT Report (1995) (en prensa).
- [9] GUTIERREZ, J.; BAIXERAS, C.; ROBLES, B.; SAEZ, J.C. and FONT, L. Indoor radon levels and dose estimation in two Spanish major cities. *Radiation Protection Dosimetry* 45 (1992) 495-498.
- [10] GUTIERREZ, J.; ROBLES, B.; BAIXERAS, C.; FONT, L. and CANCIO, D. Medida de Niveles de Radon en el Interior de Viviendas de Madrid y Barcelona : Informe Final de Resultados. Informe CIEMAT M5A09/01/93. (1993)
- [11] ROBANYA, B.; HERNANDEZ, J.; SOLER, V.; CARRACEDO, J.C. and POFFIJN, J. Resultados Preliminares de Concentraciones de Radon en Viviendas en las Islas Canarias (1994) (no publicado).
- [12] AMOROS, R.; BOLTA, J.M.; NAVARRO, E. and ROLDAN, C. Radon levels in the Valencian community (Spain). I. Results in the province of Valencia (1990-1991). *Journal of Environmental Radioactivity* 27 (1995) 125-131.
- [13] NOVELL, M.; ORTEGA, X. and BALET, L. Puesta a punto de una sistema pasivo de determinacion de concentraciones de radon: aplicacion a una campaña de medidas en Cataluña. En: 5º Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Santiago de Compostela. 25-28 Abril (1994) 391-396.
- [14] QUINDOS, L.S.; FERNANDEZ, P.L. and SOTO, J. Niveles de Radon en la Comunidad de Cantabria: primeros resultados. Universidad de Cantabria (1989) (no publicado).
- [15] QUINDOS, L.S.; FERNANDEZ, P.L. and SOTO, J. Niveles de Radon en la Sierra de Guadarrama. Universidad de Cantabria (1990) (no publicado).
- [16] EC. Commission Recommendation 90/143/EURATOM of 21 February 1990 on the Protection of the Public against Indoor Exposure to Radon. *Official Journal L-80* of 27/03/90. (1990) 26-28.
- [17] ICRP. Protection against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. *Annals of the ICRP*. Pergamon Press, Oxford. (1993) ISBN 0-08-042475-9.
- [18] MSC. Indicadores de Salud - Segunda Evaluación en España del Programa Regional Europea 'Salud para Todos'. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid. (1992) ISBN 84-7670-359-7.
- [19] MSC. Encuesta Nacional de Salud. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid. (1993) ISBN 84-7670-181-0.
- [20] COLGAN, P.A. and GUTIERREZ, J. Justification and optimization in the choice of Reference Levels for radon in existing Spanish dwellings. *Journal of Radiological Protection* (1995) (en prensa).

SUMMARY

The results of a national radon survey and a number of regional surveys of radon in Spanish dwellings are reviewed. The best estimate of the geometric mean indoor radon concentration is 41.1 Bq.m^{-3} and single-family dwellings have been shown to be more at risk than apartments. Results need to be interpreted with some caution due to differences in survey methodologies and measurement procedures. The risks from radon exposure are put in perspective by comparison with other voluntary risks. Finally, although a number of 'high risk' areas have already been identified, it is concluded that implementation of a national programme to reduce exposure to radon may have to await better definition of the extent of the problem.