

MEDIDA DE LA CONCENTRACION DE RADON EN EL INTERIOR DE VIVIENDAS ESPAÑOLAS

L. S. Quindós, J. Soto, P.L. Fernández

A comienzos de los años 80, en el ámbito de los países desarrollados, primero en los países del norte de Europa y después en USA y naciones de la CEE, empezó a manifestarse un gran interés por el conocimiento del valor de la concentración de gas radón en el interior de viviendas. Este interés está basado en el hecho general de que el gas radón y sus descendientes constituyen la mayor fuente de radiación natural al organismo humano cuando son inhalados en la respiración (1), (2), (3), y de que además, algunas de las primeras medidas realizadas dieron valores de la concentración de radón en viviendas comparables a las existentes en el interior de minas, donde, con anterioridad, se había comprobado la existencia de una correlación entre estos niveles y la incidencia de cáncer de pulmón entre los mineros (4), (5).

RESUMEN:

Se presentan los resultados de una campaña de medida de niveles de radón en el interior de viviendas a lo largo de todo el territorio nacional.

ABSTRACT:

Results of indoor radon measurements in spanish houses is shown and discussed in this paper.

En la actualidad, este interés por el conocimiento de la concentración de ra-

dón en el interior de las viviendas se ha concretado en la realización de muestreos en la mayor parte de

los países de la CEE para conocer los niveles promedio existentes en cada uno de ellos (6), y cabe señalar que en febrero de 1990 la propia CEE ha publicado una normativa sobre recomendaciones a los diferentes países miembros referente a la protección del público frente a la exposición al radón en el interior de viviendas (7). Sin embargo, en España no se disponía de datos globales de la concentración

de radón, y esta carencia nos indujo a efectuar un muestreo de medidas que permitiese determinar los niveles de este gas presentes en el interior de las viviendas españolas y, al mismo tiempo, fijar las zonas con concentraciones de radón más elevadas, con objeto de realizar en ellas estudios más detallados. En el presente trabajo se recogen los resultados obtenidos como consecuencia del desarrollo de estas medidas a lo largo de todo el territorio nacional.

Metodología de la medida de radón en viviendas

Para llevar a cabo la medida de la concentración de radón existente en el interior de casas españolas se ha utilizado un método de tipo instantáneo que emplea células de centelleo (8). De acuerdo con él, se recoge la muestra de aire del interior de la vivienda mediante una célula de metacrilato, en la que se ha hecho previamente el vacío, y posteriormente se mide ésta. La muestra de aire es medida por la radiación alfa que emiten el radón y sus descendientes de vida corta, en equilibrio con aquel tres horas después de ser tomada la muestra, y que incide sobre una capa de SZn que baña el interior de la célula. La fluorescencia que se produce es detectada por un fotomultiplicador y contada por un sistema de amplificador y contador.

Para aplicar este método de medida, se han modificado las células de centelleo convencionales, normalizando su volumen a 1 litro, haciendo extraíble su base y sustituyendo la capa fluorescente por una lámina plástica renovable en la que está de-

Comunidad	G.M. (Bq m ⁻³)	S.D.	Nº de medidas	Rango (Bq m ⁻³)
Andalucía	38,3	2,6	219	L.D - 848,4
Aragón	46,2	2,8	104	L.D - 921,3
Asturias	42,6	2,4	54	18,5 - 947,2
Baleares	27,2	2,1	27	L.D. - 160,6
Canarias	85,9	3,7	35	14,8 - 1875,8
Cantabria	52,5	2,9	67	L.D. - 1972,4
Castilla - La Mancha	42,6	2,7	168	L.D. - 395,9
Castilla - León	70,4	3,7	277	L.D. - 15402,7
Cataluña	22,9	3,2	78	L.D. - 1775,9
Extremadura	89,8	2,6	111	L.D. - 1258,0
Galicia	117,6	2,3	112	18,5 - 2068,3
Madrid	94,9	2,0	29	28,1 - 492,1
Murcia	30,1	2,3	26	L.D. - 104,7
Navarra	19,8	2,8	49	L.D. - 95,8
La Rioja	18,5	3,8	26	L.D. - 1072,9
País Vasco	33,1	2,7	49	L.D. - 303,8
País Valenciano	17,6	2,8	124	L.D. - 214,2
España	41,1	3,0	1555	L.D. - 15402,7

L.D. Límite de detección: 10 Bq m⁻³

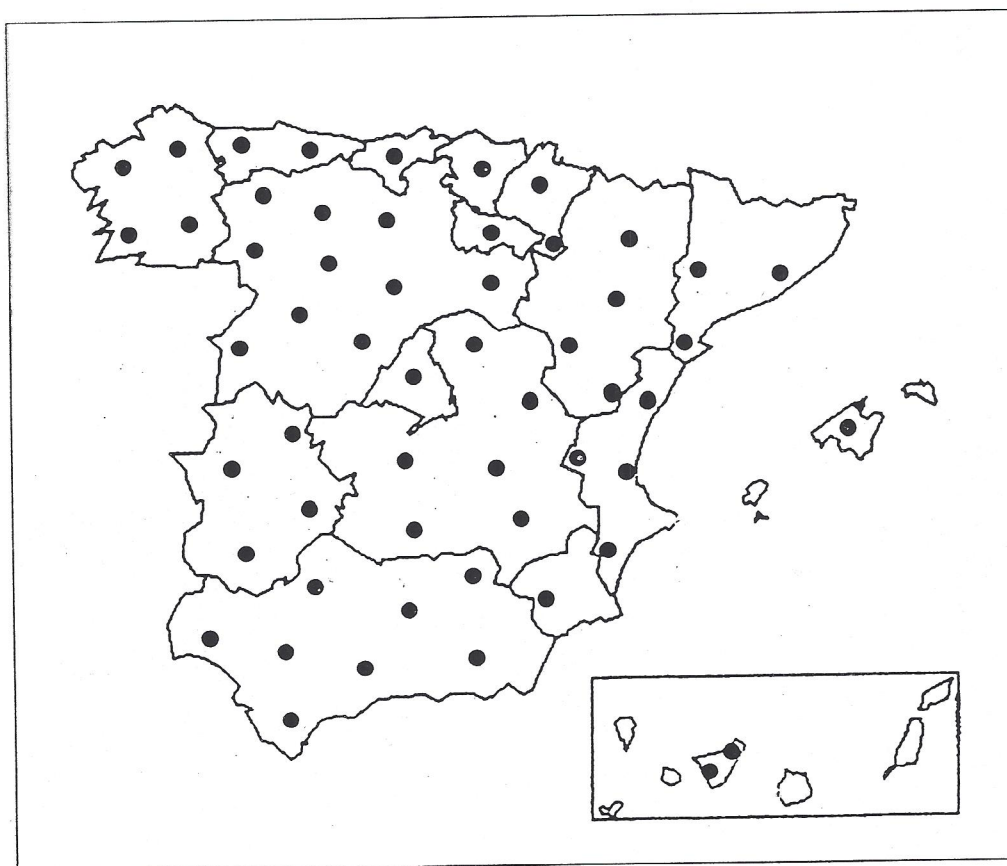
Tabla 1. Niveles de radón en el interior de viviendas por Comunidad Autónoma

positado el SZn. Mediante esta nueva configuración es posible una fabricación suficiente de células para recoger un gran número de muestras, a la vez que se facilita una limpieza eficaz para poder ser reutilizadas, condiciones necesarias ambas pa-

ra la realización de una campaña extensa de medidas. Las nuevas células han sido calibradas por nosotros en el Lovelace Inhalation Toxicology Research Institute, Albuquerque, New Mexico, USA y comparadas satisfactoriamente, con posterioridad,

en los laboratorios del National Radiological Protection Board en Chilton, UK (9). El método de medida empleado tiene un límite de detección en las condiciones operativas empleadas, con 25 minutos de tiempo de contaje, de 10 Bq/m³ para el radón.

FIGURA 1.- Localización de los puntos de muestreo para la medida de radón en el interior de las viviendas.



Al ser el método de medida utilizado de tipo instantáneo, era necesario fijar, previamente, una serie de condiciones experimentales de medida para que los resultados obtenidos pudieran ser comparados entre sí y, a la vez, comparables con los que se encontrarían mediante otros métodos que, como el de los detectores sólidos de trazas, miden la concentración de radón promediada en el tiempo.

Las variaciones mensual y diaria de la concentración de radón (10), están relacionadas con el incremento de la ventilación de los meses estivales y con los gradientes de presión que se desarrollan entre el interior y el exterior de la vivienda a lo largo del día. Cuando se comparan estas variaciones con los valores promedio anual y diario se encuentra que en los meses invernales, y a primeras horas de la mañana, el valor obtenido de la medida muestra una buena concordancia, dentro de los márgenes de error experimentales, con dichos valores promedios. Por ello, se tomó el criterio de llevar a cabo las medidas, desde un principio, durante los meses de invierno, fijando la hora de toma de muestras a primeras horas de la mañana. Por fin, con objeto de minimizar los efectos de las posibles fluctuaciones de la ventilación natural del recinto, las condiciones de medida se normalizaron haciendo que la habitación donde se tomaba la correspondiente muestra de aire permaneciera cerrada durante la noche anterior.

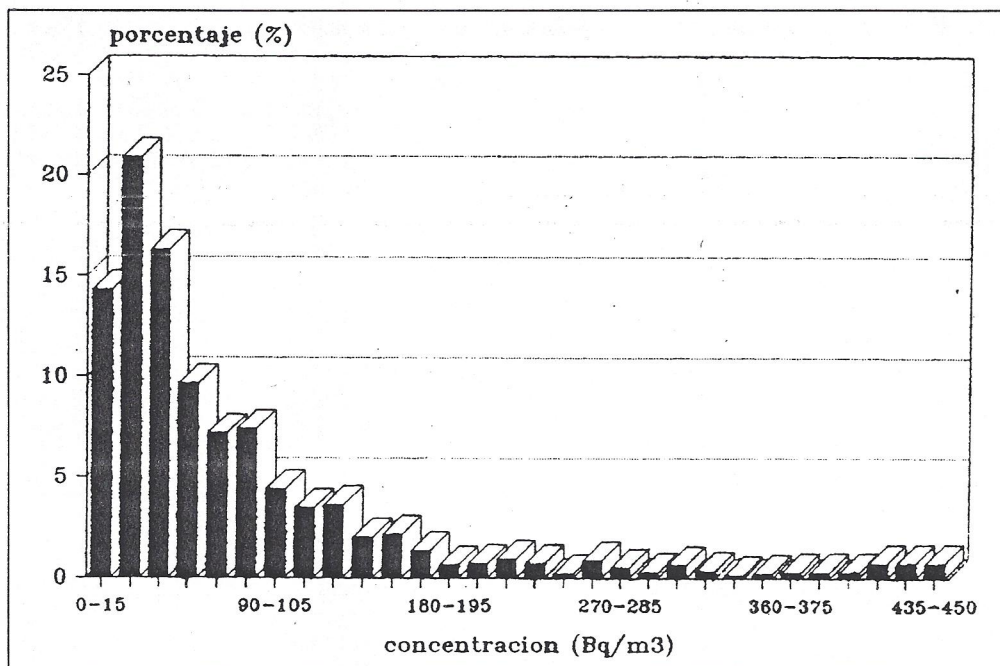


FIGURA 2.- Distribución log-normal de niveles de radón en las viviendas.

De acuerdo con estas condiciones, nuestra hipótesis de trabajo, confirmada posteriormente (11), era que los resultados obtenidos no debían diferir significativamente de los que se hubieran encontrado empleando técnicas de medida integradas.

Resultados obtenidos y discusión

Para llevar a cabo la medida de la concentración de radón en viviendas a lo largo de todo el territorio nacional se ha aplicado la metodología descrita para la determinación de radón en un conjunto de punto que abarca toda España, durante el período comprendido entre noviembre de 1988 y marzo de 1989.

La elección de los puntos de muestreo para llevar a cabo las medidas se ha realizado de forma que, por una parte, cubriesen, lo más homogéneamente posible, toda la geografía nacional y por otra, fueran representativos de las distintas áreas

geológicas que comprende aquella. Teniendo en cuenta que las características geológicas, a gran escala, varían en distancias de algunos cientos de kilómetros, nos pareció adecuada una separación entre cada par de puntos de medida de, aproximadamente, 100 km. De esta forma, resulta una representatividad grande de la mayor parte de las regiones, además de un número razonable de puntos a medir. En la Figura 1 se representa la situación aproximada de los 55 pueblos en los que se han hecho medidas.

Elegido cada "punto-pueblo", la selección de casas a medir en él se realizaba de manera aleatoria, con la idea de que fueran representativas del tipo de viviendas de la zona, tratando de abarcar los principales modelos de viviendas existentes en España. En cada uno de los pueblos seleccionados se ha medido la concentración de radón en unas 30 viviendas, lo que totaliza un conjunto de 1.555 medidas, número comparable al de otros muestreos realizados en el resto de los países de la CEE.

Los resultados globales obtenidos están representados en la Figura II, donde se recoge el conjunto de las medidas individuales agrupadas por intervalos de concentración. Como puede verse, el conjunto de los valores encontrados sigue una distribución de tipo log-normal, típica de aquellas magnitudes que poseen un umbral inferior y no están acotadas superiormente, que tiene como estadísticos más significativos la media geométrica y su desviación standard. El valor de la media geométrica del total de las medidas realizadas es 41.1 Bq/m³ con una desviación standard de 3.0 y un rango de concentraciones comprendido entre el límite de detección (10 Bq/m³), y 15402 Bq/m³. Este valor medio obtenido es semejante al encontrado en muestreos de viviendas en

países de nuestra misma área geográfica, aunque inferior al que se encuentra en los países del norte de Europa (12).

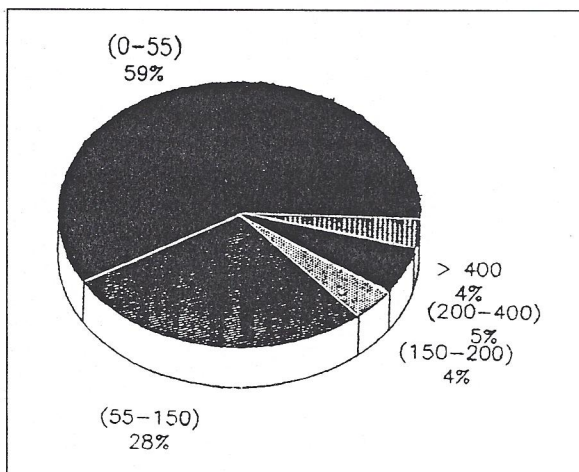
A tenor de las recomendaciones internacionales existentes sobre la concentración de radón en el interior de viviendas, puede calcularse a partir de los datos obtenidos el porcentaje de casas que se encuentran dentro de cada intervalo de concentración considerado. La Figura III muestra esta distribución para el conjunto de las viviendas españolas. Como puede observarse en ella un 13% de las viviendas presenta niveles de radón por encima del límite recomendado por la E.P.A. De la misma forma un 9% sobrepasa los límites propuestos por la O.M.S. e Inglaterra y un 4% supera el límite propuesto recientemente por la CEE.

Teniendo en cuenta la distribución de los puntos de muestreo en las distintas Comunidades Autónomas españolas, puede añadirse una descripción mas detallada al anterior valor promedio nacional. En la Tabla I se recogen los valores de la media geométrica de la concentración de radón encontrados en las diferentes autonomías, así como la correspondiente desviación standard, el número de medidas en cada comunidad y el rango de éstas. Como puede observarse en la Tabla se encuentra que mientras determinadas regiones, como Galicia, Madrid, Extremadura, Canarias y Castilla-León, dan valores de la concentración de radón en las viviendas notablemente mayores que el valor promedio nacional, otras, en cambio, como el País Valenciano, Cataluña o Baleares, dan resultados notablemente inferiores.

A modo de ejemplo, en la Figuras IV se representa, para las comunidades de Galicia y Andalucía, de características geológicas fundamentalmente distintas, granítica y no granítica, respectivamente, las distribuciones porcentuales de viviendas por intervalos de la concentración de radón.

Esta descripción de los resultados encontrados en las distintas Autonomías debe venir, sin embargo, matizada por varios factores. Así, debe considerarse, en primer lugar, el número de medidas realizadas en cada región para calcular el valor promedio correspondiente. En este sentido, un estudio hecho por simulación de elección al azar entre los valores medidos en una región con características de homogeneidad geológica, nos mostró que el valor que se obtiene de la misma, coincide, dentro de un intervalo del 20% con el valor verdadero deducido del total de las medidas disponibles, cuando el número de datos empleados en la simulación es superior a 30. Este hecho significa que un número relativamente pequeño de resultados es suficiente para predecir el valor medio de la concentración de radón en el interior de viviendas de una región, siempre que la misma resulte geológicamente homogénea y con características de construcción similares. Existen autonomías, sin embargo, en las que no se cumplen estas condiciones de homogeneidad y en ellas

FIGURA 3.- Distribución porcentual de viviendas estudiadas según los niveles de radón expresados en bequerelios por metro cúbico.



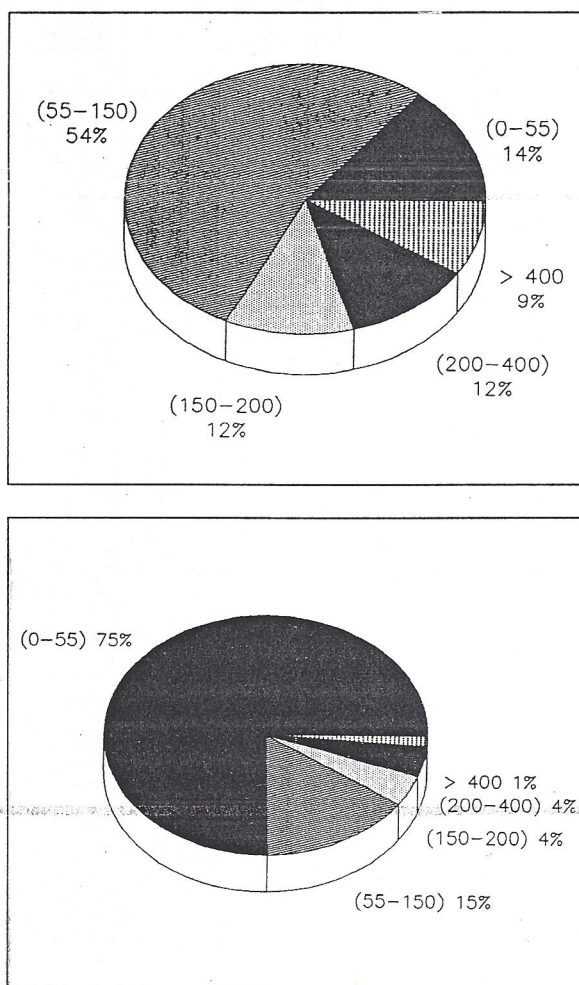


FIGURA 4.- Distribución porcentual de viviendas según los niveles de radón, expresados en bequerelios por metro cúbico para las Comunidades de Galicia y Andalucía.

los puntos de medida elegidos pueden no presentar esos caracteres de homogeneidad. Este hecho se manifiesta, entonces, en el alto valor que toma la desviación standard de los valores encontrados a la vez que su rango. Así, por ejemplo, los altos valores medios que aparecen en Castilla-León son debidos a la elevada contribución de dos pueblos concretos localizados en dicha región, pero en una zona con explotaciones uraníferas.

Con estas consideraciones resulta claro que, si bien el valor medio obtenido a nivel nacional está suficientemente acotado y un muestreo más extenso no daría un resultado distinto, los valores medios de cada autonomía están sujetos a una relativa incertidumbre y en algunas de ellas sería conveniente realizar un mayor número de medidas. Estas regiones son preferentemente aquellas en las que los niveles de radón ha resultado más elevados, donde además cabe un estudio más detallado sobre las causas que dan origen a estos niveles de radón. Para este estudio posterior, y en vista de los resultados encontrados, hemos elegido las regiones de

Galicia, parte occidental de Castilla-León, Extremadura, Tenerife y Madrid, donde los niveles de radón medidos han sido más altos.

CONCLUSIONES

A modo de resumen de lo expuesto en el presente trabajo queremos destacar una serie de conclusiones:

- 1.- Se ha diseñado y puesto a punto un método instantáneo para la medida de la concentración de radón en el interior de viviendas. El método utiliza células decentelleo de 1 litro de capacidad, en las que se recoge una muestra de aire que se mide, posteriormente, por medio de un equipo compuesto, básicamente, de fotomultiplicador y contador.
- 2.- Se ha elaborado un protocolo de medida de la concentración de radón en el interior de viviendas en el que, utilizando el método anterior, se especifican las condiciones de medida necesarias para que los resultados obtenidos tengan una significación estadística.
- 3.- Mediante esta metodología se ha realizado un conjunto de medidas que abarca todo el territorio español. Este muestreo ha consistido en la medida de la concentración de radón en más de 1500 viviendas, situadas en un total de 55 pueblos repartidos, uniformemente, por la geografía nacional.
- 4.- El conjunto de los valores de la concentración de radón encontrados se ajusta a una distribución log-normal con una media geométrica de 41 Bq/m³, una desviación standard de 3.0 y un rango de valores comprendido entre 10 y 15.402 Bq/m³.
- 5.- Según los resultados obtenidos, solamente un 4% de las viviendas medidas presentan concentraciones de radón que superan el valor propuesto, 400 Bq/m³, en las recomendaciones de la CEE.
- 6.- Se han calculado los valores promedios de la concentración de radón existente en las distintas Comunidades Autónomas que componen el Estado español, a partir de las medidas realizadas en cada una de ellas.
- 7.- Los valores encontrados en las distintas Comunidades difieren, de forma importante, de unas a otras, siendo en varias de ellas notablemente elevado. En virtud de estas diferencias, se han elegido, para su posterior estudio, aquellas regiones que presentan valores promedio más elevados en las que procede estudiar y caracterizar las fuentes de radón que dan lugar a la presencia de dichas concentraciones en el interior de las viviendas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del Proyecto titulado "Natural exposure from radon and radon progeny in Spanish houses" financiado en parte por la CEE bajo

contrato BI6-0314-E(TT), la DGICYT-Dirección General de Investigación Científica y Técnica (CE88-0009), el FISSS-Fondo de Investigaciones Sanitarias de la Seguridad Social (89/0575) y el CSN-Consejo de Seguridad Nuclear (89/0010), actualmente en desarrollo.

REFERENCIAS

- (1) United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation (1988). Report to the General Assembly. United Nations. New York.
- (2) National Research Council. Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation (BEIR V)(1989). National Academy Press. Washington DC.
- (3) Quindós L.S., Soto J., Fernández P.L., Villar E., Newton G., Peña J.J., Galvez M., Arteché J., (1989). Anales de Física 34, 21-29.
- (4) National Academy of Sciences, Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR IV) (1988). National Academy Press. Washington DC.
- (5) Annals of the ICRP. Publication 50 (1987). Pergamon Press. New York.
- (6) Evaluation of the Radiation Protection Research Programmes. (1989) Commission of the European Communities. Luxembourg.
- (7) Commission Recommendation on the protection of the public against indoor exposure to radon (1990). Official Journal of the European Communities 80/26-28. Brussels.
- (8) Metrology and monitoring of radon, thoron and their daughter products (1985). Nuclear Energy Agency OECD. Paris.
- (9) Third CEC intercomparison of active and passive detectors for measurement of radon and radon decay products (1988). Commission of the European Communities. Luxembourg.
- (10) Wrixon A.D., Green B.M., Lomas P.R., Miles J.C., Cliff K.D., Francis E.A., Driscoll C.M., James A.C., O'Riordan M.C., (1988). NRPB Report R190. London.
- (11) Quindós L.S., Soto J., Fernández P.L. (1990). First International Seminar on managing the indoor radon problem. Mol. Belgium.
- (12) Nazaroff W.W., Nero A.V. (1988), Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons, New York.

L. S. Quindós, J. Soto, P.L. Fernández*
 Cátedra de Física Médica.
 Departamento de Ciencias Médicas
 y Quirúrgicas.
 Facultad de Medicina de Santander
 * Departamento de Física
 Aplicada. Facultad de Ciencias
 de Santander
 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA