

Exposición ambiental al radón: generalidades y el caso de la comarca de Sayago en la provincia de Zamora.

Carlos Llanes Álvarez*, Jesús Ángel Monforte Porto**, Francisco Sáez Beltrán***, Manuel Ángel Franco Martín****.

* *MIR Psiquiatría. Servicio de Psiquiatría. Complejo Asistencial de Zamora. Zamora (España).*

** *LES. Servicio de Psiquiatría. Complejo Asistencial de Zamora. Zamora (España).*

*** *LES. Unidad de Radiofísica. Complejo Asistencial de Zamora. Zamora (España).*

**** *Jefe de Servicio de Psiquiatría. Complejo Asistencial de Zamora. Zamora (España).*

Correspondencia: Carlos Llanes Álvarez. cllanes@saludcastillayleon.es

RESUMEN

El radón es un elemento químico radiactivo que forma parte del grupo de los llamados gases nobles. Al ser un gas puede ser inhalado y emitir radiación alfa que incide directamente sobre el epitelio pulmonar y es la causa de su peligro potencial. La exposición a largo plazo puede desembocar en cáncer de pulmón, el único que se ha comprobado está asociado con su inhalación. La cartografía del potencial de radón en España, desarrollada por el Consejo de Seguridad Nuclear, categoriza las zonas del territorio estatal en función de sus niveles de radón. En la provincia de Zamora, la comarca de Sayago es una zona de elevadas concentraciones de radón. La formación del médico, pero sobre todo de la población general en los aspectos básicos del riesgo asociado a esta exposición ambiental, puede contribuir a que se tome conciencia del problema y se minimicen las consecuencias.

PALABRAS CLAVE

Radón. Radiación natural. Partículas alfa. Cáncer de pulmón. Protección radiológica.

ORIGINAL

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El 2 de diciembre de 1984 Stanley J. Watras, un ingeniero que trabajaba en la construcción de la central nuclear de Limerick (Pennsylvania, USA), hizo saltar los detectores de radiación instalados en los accesos a la misma como medida de seguridad para velar porque los trabajadores no salieran de la planta con ningún tipo de contaminación radiactiva en sus cuerpos. Este acontecimiento, ya de por sí excepcional para los estándares de seguridad de una central nuclear, lo era aún más por el hecho de que la central, aún en construcción no albergaba en ese momento en su interior ningún elemento combustible radiactivo. Tras sustituir los detectores (que Stanley seguía haciendo saltar a su paso cada mañana), una investigación posterior reveló que sus ropas estaban contaminadas con radiactividad que procedía del exterior de la planta. ¿Cuál era su origen?: cuando el personal de seguridad de la planta visitó la casa de la familia Watras encontraron niveles muy elevados de radón, un gas radiactivo que emana de forma natural del suelo y puede filtrarse al interior de viviendas y otras construcciones [1].

Nuestro objetivo con este artículo es difundir lo que la evidencia científica pone a nuestra disposición acerca de los efectos en la salud de la exposición al radón por ser el suroeste de Castilla y León, y dentro de nuestra provincia, la comarca de Sayago, uno de los territorios del país con nivel más alto de exposición al gas radiactivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica en julio de 2017. Dada la amplitud y el carácter multidisciplinar del objeto de nuestro trabajo que abarca campos tan variados como la física, la medicina y la salud pública, hemos optado por llevar a cabo la búsqueda en motores de búsqueda de propósito general como Science Direct, utilizando los descriptores: radón, natural radioactivity, dosimetry, radón remediation, cáncer. Hemos empleado descriptores en inglés y castellano para facilitar el acceso a estudios ambientales de repercusión nacional e internacional recogidos en la bibliografía. Los resultados obtenidos oscilaron entre 410 y 47 registros tras la combinación de las diferentes palabras clave. También se realizó una búsqueda en internet en el buscador Google Scholar con los mismos términos. Igualmente se ha consultado información de fuentes oficiales como el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

RESULTADOS

El radón es un elemento químico radiactivo, gaseoso, incoloro, inodoro e insípido, que forma parte del grupo de los gases nobles. Tiene un número atómico $Z=86$ (número de protones en el núcleo). Descubierta en 1900 por Friedrich Ernst Dorn [3], se origina por la desintegración (una serie de decaimientos radiactivos) del radio, el uranio y el torio, elementos que se encuentran en los suelos. De todas las fuentes de radioactividad natural (incluidos los rayos cósmicos), la proveniente del ^{222}Rn equivale a aproximadamente la mitad de la dosis que reciben las personas. El isótopo más estable es el ^{222}Rn , también el más abundante, con una vida media de 3,8 días y producto de la desintegración del ^{226}Ra . Al emitir partículas alfa se convierte en ^{218}Po .

La peligrosidad del radón radica en las partículas alfa que emite. Las partículas alfa constan de 2 protones y 2 neutrones y se desplazan a grandes velocidades, si bien se detienen con facilidad al incidir sobre un sólido. Una lámina de aluminio de 0,1 mm de grosor (menor que las del papel de aluminio de cocina) las frena totalmente e impide su paso, pero ionizan fuertemente la materia en la que inciden. Por ello, la epidermis, la capa más superficial, aunque de cierto grosor de la piel, nos protege de ellas y en este caso no constituyen un peligro importante. Pero recordemos que el radón es un gas y al ser inhalado puede emitir radiación alfa que incide directamente sobre el epitelio pulmonar. Las células broncopulmonares, a diferencia de las

cutáneas, no cuentan con la protección del grueso epitelio estratificado de la epidermis, y la absorción de esta radiación se produce directamente, y puede ionizar y excitar estructuras celulares, el ADN entre otras. Las partículas alfa pueden dañar el material genético provocando mutaciones y cáncer. La exposición a largo plazo al radón puede desembocar en cáncer de pulmón, el único que se ha comprobado está asociado con la inhalación de radón [4]. Se ha sugerido que hay un riesgo mayor de leucemia asociada con la exposición al radón en adultos y niños aunque no hay estudios concluyentes.

La exposición a altas concentraciones de radón ya fue identificada en 1879 como causante de cáncer de pulmón en mineros de Schneeberg, (Alemania). Los primeros estudios sobre el impacto del radón en la salud se llevaron a cabo en poblaciones con exposición ocupacional a elevadas concentraciones de este gas como las de los mineros del uranio. La presencia de radón en el aire interior de los edificios fue documentada ya en 1950. A partir de la década de 1970 se inició la investigación con el fin de implementar medidas de protección para hacer frente a las fuentes de radón en el interior [5].

El cáncer de pulmón es una de las principales causas de muerte por cáncer y es conocido que el tabaco está detrás de la mayor parte de los mismos (el riesgo es entre 10 y 30 veces superior para un fumador que para una persona que nunca haya fumado). Sin embargo, hasta un 25% de los casos de cáncer de pulmón se dan en personas que nunca han fumado. El radón se considera el segundo factor de riesgo más importante para el desarrollo de cáncer de pulmón y el primero en no fumadores [4]. Aplicando los resultados obtenidos en el principal estudio de referencia hasta la fecha, un metaanálisis publicado en el British Medical Journal en el año 2005 con más de 21.000 participantes, 300 Bq/m³ supondrían un riesgo significativo de cáncer de pulmón del 48% frente a un no expuesto. Ese estudio indica que hay un riesgo lineal y significativo de cáncer de pulmón por cada 100 Bq/m³ que aumente la exposición a radón residencial. Así pues, se considera como aceptable para la población (y trabajadores) la exposición entre 100 y 300 Bq/m³, que implican excesos de riesgo de entre el 16 y el 47%, riesgos muy importantes desde un punto de vista etiológico [6]. Según cálculos recientes de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRU), recogidos en el Manual de la OMS sobre el radón en interiores, 300 Bq/m³ equivalen aproximadamente a una dosis efectiva de 10 mSv anuales.

La Unión Europea aprobó en 2013 una directiva (norma que vincula a los estados miembros al cumplimiento de unos objetivos dentro de un plazo) con la designación 2013/59/EURATOM, que deberá entrar en vigor en febrero de 2018.

En un estudio de 2014 en el que se analizan las tendencias temporales en los patrones de distribución municipal de mortalidad por diferentes tipos de cáncer en España en los últimos cuatro quinquenios (20 años), ni los municipios de la comarca de Sayago ni del resto de la provincia de Zamora son zonas de elevada mortalidad por cáncer de pulmón en los periodos estudiados.

Sin embargo es llamativa la alta mortalidad por cáncer de pulmón observada en mujeres en las ciudades en Pontevedra y Ourense (Galicia). Los autores relacionan este hecho con una mayor exposición al radón en los hogares de estas zonas, ya que los mapas de radiación natural señalan estas áreas como las de niveles más elevados tanto en Galicia como en el resto de España. [7]

En nuestra opinión, es muy interesante el empleo en este estudio de una metodología basada en técnicas de cartografía y mapeo para crear atlas de mortalidad por cáncer, ya que algunos factores de riesgo que influyen en los patrones de distribución de mortalidad son de naturaleza medioambiental. Conocer por tanto los patrones de distribución de mortalidad y la exposición potencial a factores medioambientales de riesgo conocidos, puede ser útil. Los registros obtenidos en un área pueden aportar información cuando hay una exposición medioambiental a un factor de riesgo común. [8] En el caso de Orense, Pontevedra y Zamora, un potencial de radón elevado por la abundancia de rocas graníticas en los suelos podría ser ese agente ambiental común; si bien, como ya hemos mencionado no conocemos ningún estudio que encuentre mayor mortalidad por cáncer de pulmón en la provincia de Zamora. No obstante hay que ser extremadamente cautos en la extrapolación de estos resultados ya que pueden existir otros factores de riesgo (p. ej. consumo de tabaco, polución ambiental, etc) que actúen como factores de confusión.

¿Cómo puedo saber si la concentración de radón en el interior de mi vivienda es elevada?

El único modo de saber si en una vivienda concreta las concentraciones de radón son elevadas o no, es realizar una medición directa de las mismas.

Las concentraciones de radón en el interior de las construcciones dependen de dos factores:

-Las características geológicas del terreno sobre el que se asienta y sus alrededores.

-La facilidad con la que el radón entra en la casa.

Este último factor depende a su vez de otros dos:

-Aspectos relacionados con la construcción de la vivienda como el nivel de aislamiento de la roca o suelo sobre el que se asienta, si presenta sótanos o excavaciones subterráneas o los materiales empleados en su edificación (ladrillo, granito...).

-Además, las lluvias, la presión barométrica y otros factores secundarios pueden modificar las concentraciones de radón.

Es este último factor la causa de que entre casas próximas o incluso contiguas las concentraciones de radón en el interior puedan variar mucho, lo que impide hacer predicciones o estimaciones en función a mediciones de una misma ciudad, pueblo o vecindario.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) publica en su guía de seguridad 11.01 directrices sobre la competencia de laboratorios y servicios de medición de radón en el aire. Es decir, establece recomendaciones sobre cómo deben realizarse estas medidas por parte de las empresas encargadas de ello, pero no las lleva a cabo en domicilios particulares. Si un usuario particular quiere conocer las concentraciones de radón en su vivienda debe contratar este servicio con alguna de las empresas especializadas que lo ofrecen y afrontar su coste [9]. Los dispositivos más empleados para las mediciones son los detectores de tipo pasivo (como los llamados electretes, cartuchos de carbono activo, etc.) Las mediciones pueden realizarse en un plazo corto (de unos 7 días) para averiguar rápidamente si una casa tiene altas concentraciones de radón, o a largo plazo (90 días) para ofrecer una medición del nivel de exposición en condiciones normales, sin la necesidad de mantener las ventanas y puertas cerradas como habitualmente se hace. Debido a que las concentraciones de radón pueden variar de un mes a otro e incluso entre días, una prueba a largo plazo es el mejor indicador de la concentración promedio de radón [10].

¿Qué puedo hacer para disminuir los niveles de radón en mi vivienda?

De confirmarse una elevada concentración de radón en el interior de una vivienda se pueden implementar desde medidas sencillas como una ventilación eficaz y frecuente de la misma a estrategias constructivas más complejas como:

-Sistemas de extracción o presurización: sistemas de extracción del gas del terreno circundante de la edificación, para evacuarlo a la atmósfera e impedir que penetre en el edificio. Suelen ser sistemas que impulsan aire bajo la vivienda creando un bulbo de sobrepresión que desvía el flujo del gas. Suelen ser más costosos, pero en ocasiones la única manera de solventar el problema *a posteriori* si no se han puesto medidas durante la construcción.

-Sistemas de barreras anti-radón: instalar barreras impermeables al radón en los elementos constructivos que conforman la envolvente del edificio que estén en contacto con el terreno.

En las viviendas unifamiliares construidas a partir de la segunda mitad del siglo XX, es frecuente elevar unos 15-30 cm el piso de la vivienda con respecto al suelo, es el llamado forjado sanitario. La altura que proporciona este forjado se emplea más para evitar las humedades del agua que sube por capilaridad o la presencia de roedores, (como se hacía desde tiempo atrás en los hórreos) que el radón, pero ha contribuido a mitigar la presencia del mismo. Una medida de barrera más eficaz, aunque sin duda más costosa sería edificar la vivienda sobre una losa de hormigón.

Con fecha 23 de junio de 2017 se han publicado en el BOE los Documentos Básicos del Código Técnico de la Edificación DB-HE "Ahorro de energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad". Este último es la respuesta del Ministerio de Fomento con el fin de incorporar la normativa europea sobre protección frente al radón antes de febrero de 2018 [11].

CONCLUSIONES

La directiva europea 2013/59/EURATOM que deberá entrar en vigor en 2018 es un avance en la regulación de la exposición a este carcinógeno. Aun así, los niveles que ha fijado la Unión Europea (300 Bq/m³) son menos exigentes que los fijados por Estados Unidos (148 Bq/m³) y la Organización Mundial de la Salud, que fija en 100 Bq/m³ el nivel de referencia para minimizar los riesgos para la salud [12]. La implicación de las instituciones que velan por la salud pública es fundamental, pero es posible que nada sea más efectivo que la formación de la población que reside en zonas de elevada exposición sobre los peligros del radón. Una población concienciada y formada puede identificar aquellos lugares con niveles potencialmente elevados, promover la medición de concentraciones y poner en marcha medidas para minimizar la exposición.

En la provincia de Zamora el área comprendida entre los municipios de Bermillo de Sayago, Fadón, Fariza, Muga de Sayago y Sogo es una zona de elevadas concentraciones de radón. El predominio en la zona de construcciones de planta baja, unido a un envejecido parque de viviendas, (con escaso o nulo aislamiento del terreno) puede entrañar cierto riesgo para la salud de sus habitantes [13].

NOTA:

-Empleamos el término concentración de radón en aire para hacer referencia a la actividad radiactiva por unidad de volumen de aire y se expresa en becquerelios por metro cúbico (Bq/m³).

-Un becquerelio es la actividad de una cantidad de material radiactivo y equivale a una desintegración nuclear por segundo.

-²²²Rn, ²²⁶Ra y ²¹⁸Po son isótopos del Radón, el Radio y el Polonio respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jorgensen T. Risks and Benefits of Radiation. American Scientist. [internet] 2017 [consultado en julio de 2017];105(2):115.
Disponibile en: <https://www.americanscientist.org/article/risks-and-benefits-of-radiation>
2. Reimer GM, Gundersen LC. A direct correlation among indoor Rn, soil gas Rn and geology in the Reading Prong near Boyertown, Pennsylvania. Health Phys. 1989; 57(1):155-9.
3. Dorn, FE. Die von radioactiven Substanzen ausgesandte Emanation. Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle. [internet] 1900 [consultado en julio de 2017]; 23:1-15. Disponible en:<http://publikationen.unifrankfurt.de/frontdoor/index/index/docId/17242>
4. Biberman RI, Lusky A, Schlesinger T, Margalot M, Neeman E, Modan B. Increased risk for small cell lung cancer following residential exposure to low-dose radon: a pilot study. Arch Environ Health. 1993; 48(4):209-12.

5. Samet, JM. Indoor radon and lung cancer. Estimating the risks. *West. J. Med.* 1992; 156 (1):25-9.
6. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ.* [internet] 2005 [consultado en julio de 2017] ;330(7485):223-0. Disponible en: <http://www.bmj.com/content/330/7485/2237>
7. López-Abente G, Aragonés N, Pérez-Gómez B, Pollán M, García-Pérez J, Ramis R, et al. Time trends in municipal distribution patterns of cancer mortality in Spain. *BMC Cancer* [internet] 2014, [consultado en agosto de 2017] 14:535 Disponible en: <https://bmccancer.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2407-14-535?site=bmccancer.biomedcentral.com>
8. Besag J, York J, Mollié A: Bayesian image restoration with two applications in spatial statistics. *Ann Inst Stat Math* 1991, 43:1-59.
9. Guías de seguridad 11.01. Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en el aire. Madrid, Consejo de Seguridad Nuclear, enero de 2010. Disponible en: <http://piramide.normativa.sne.es/Repositorio/CSN/gs-11.01.pdf>
10. Kotrappa PI, Dempsey JC, Ramsey RW, Stieff LR. A practical E-PERM (electret passive environmental radon monitor) system for indoor ²²²Rn measurement. 1. *Health Phys.* 1990 Apr; 58(4):461.
11. Documentos Básicos DB-HE Ahorro de energía y DB-HS Salubridad. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Boletín Oficial del Estado, nº 74, (28-03-2006).
12. Directiva por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom). Diario Oficial de la Unión Europea. (17-01-2014). [consultado en internet en julio de 2017] Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2014/013/L00001-00073.pdf>
13. La cartografía del potencial de radón en España. Mapa de zonificación por municipio de radón (escala 1:200.000). Consejo de Seguridad Nuclear. (Actualización de enero de 2017). Disponible: <https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE02.17%20Cartograf%C3%ADa%20del%20potencial%20de%20rad%C3%B3n%20de%20Espa%C3%B1a>

TABLAS Y FIGURAS



Figura 1: La familia Watras frente a la que fue su casa edificada sobre el Reading Prong, una formación geológica de rocas metamórficas que se extiende por el este de Estados Unidos y contiene elevadas concentraciones de uranio, elemento de cuyo decaimiento radiactivo procede el radón, gas con cuya exposición se ha relacionado un aumento en la incidencia de cáncer de pulmón [2].

Artículo 74

Exposición al radón en recintos cerrados

1. Los Estados miembros establecerán niveles nacionales de referencia para las concentraciones de radón en recintos cerrados. Los niveles de referencia para el promedio anual de concentración de actividad en el aire no superarán los 300 Bq m^{-3} .
2. Con arreglo al plan de acción nacional indicado en el artículo 103, los Estados miembros fomentarán la adopción de medidas para identificar aquellas viviendas donde el promedio anual de concentraciones de radón supere el nivel de referencia y fomentarán, cuando proceda, la adopción de medidas para reducir la concentración de radón en dichas viviendas por medios técnicos o de otro tipo.
3. Los Estados miembros garantizarán que se facilite la información local y nacional relativa a la exposición al radón en recintos cerrados y a los riesgos asociados para la salud, así como sobre la importancia de efectuar medidas de radón y sobre los medios técnicos disponibles para reducir las concentraciones de radón existentes.

Figura 2: El artículo 74 de la normativa 2013/59/EURATOM establece niveles límite tanto para domicilios como para lugares cerrados, de 300 Bq/m^3 de exposición promedio anual. Además, los estados de la unión tendrán que incluir en sus códigos técnicos de edificación el problema del radón con medidas constructivas específicas que eviten la entrada de este gas en los inmuebles de nueva construcción.

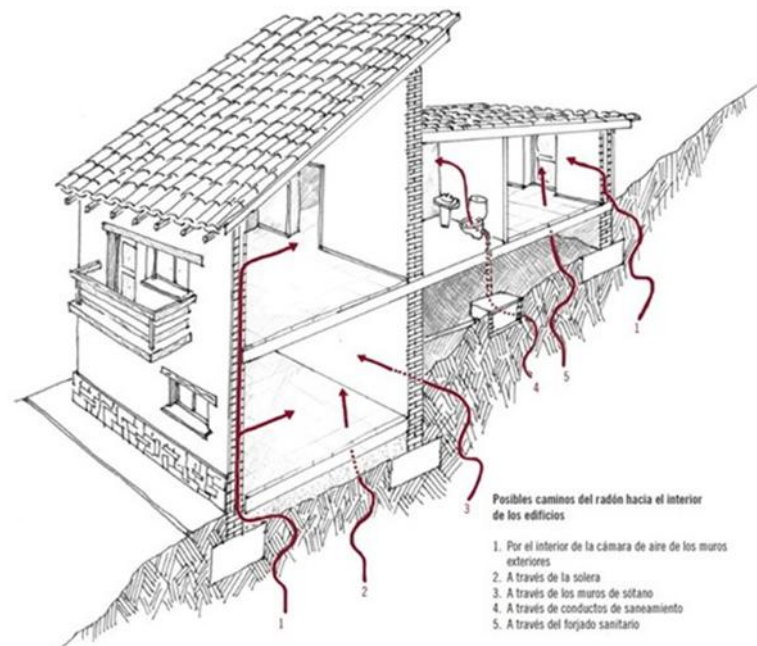


Figura 3: Vías comunes de entrada de Radón al interior de las viviendas; sótanos y zonas bajas de las construcciones son las zonas de mayor riesgo. Fuente: Consejo Seguridad de Seguridad Nuclear.

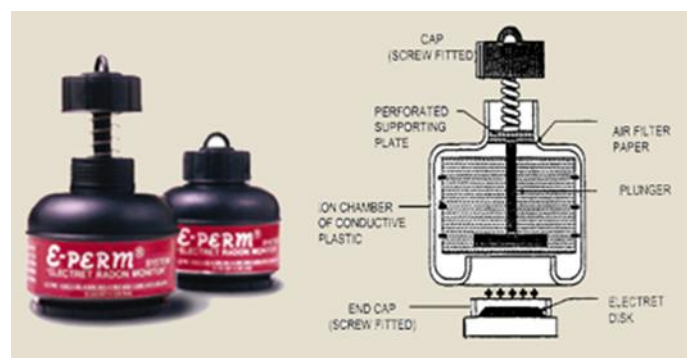


Figura 4: El dispositivo E-PERM® (electret passive environmental radon monitor) como el de la imagen es uno de los dispositivos pasivos (no consume energía) para medir la concentración de radón. No requieren de personal especializado para su instalación, (tan solo dejarlos abiertos como el E-PERM en primer plano) en algún lugar de la vivienda. El usuario recibe por correo postal un kit con dos dispositivos como los de la imagen (similares a una botella de 330ml) y debe remitirlos de nuevo al laboratorio para la lectura de los niveles. El coste aproximado de una medición como esta es de 150 €.

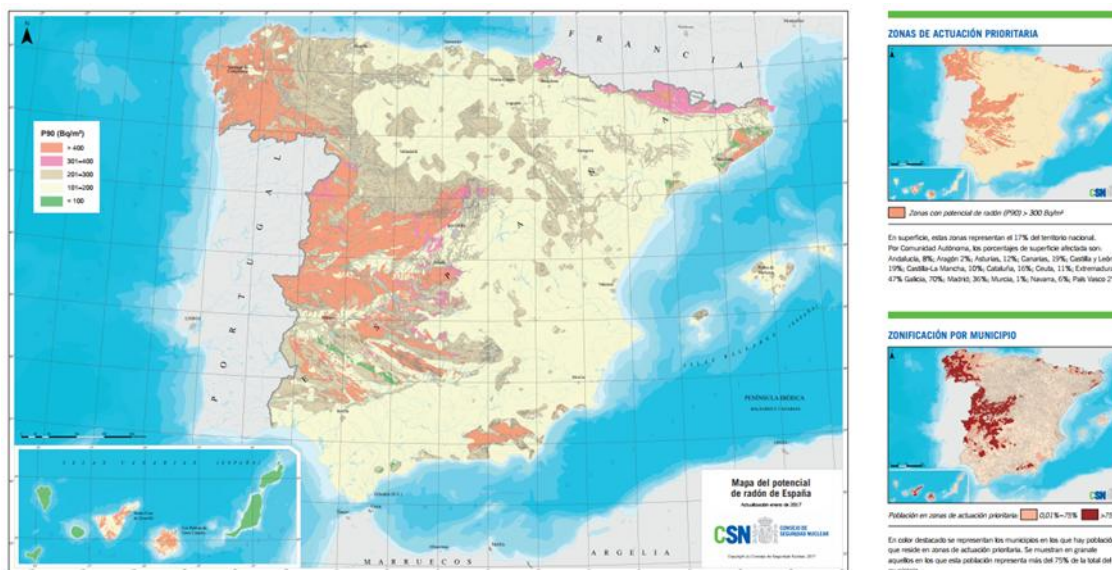


Figura 5: La cartografía del potencial de radón en España, desarrollada por el Consejo de Seguridad Nuclear, categoriza las zonas del territorio estatal en función de sus niveles de radón y, en particular, identifica aquellas en las que un porcentaje significativo de los edificios residenciales presenta concentraciones superiores a 300 Bq/m³.

El potencial de radón de una zona es el percentil 90 (P90) de la distribución de niveles de radón de los edificios de esa zona. Así la leyenda '300 Bq/m³' quiere decir que el 90% de los edificios tienen concentraciones inferiores a 300 Bq/m³ y el 10% supera este nivel.