

¿Debemos protegernos de la radiación natural?

Marta García-Talavera San Miguel

Jefa del Área de Radiación Natural. Consejo de Seguridad Nuclear

Recreación elaborada por la Nasa del campo magnético de la Tierra en colisión contra el viento solar, que es una fuente de radiación natural

Todas las personas estamos expuestas a la radiación ionizante de origen natural. A niveles normales, esta exposición no incide en nuestra salud, pero en determinadas circunstancias las dosis de radiación natural pueden llegar a ser diez o incluso cien veces más altas que el promedio, con el consiguiente aumento del riesgo de cáncer en la población afectada. ¿Es posible evitar este riesgo? Desde hace cuatro décadas, los principales organismos internacionales en el campo de la protección radiológica vienen recomendando tomar medidas dirigidas a limitar la radiactividad en varias vías de exposición relevantes (el agua potable, el aire interior, algunos residuos industriales, etc.) La experiencia de un número creciente de países en todo el mundo, incluido España, pone de manifiesto que, pese a ser una tarea compleja, los riesgos para la población asociados a la radiación natural pueden reducirse en la práctica. Ello se logra, por un lado, regulando la responsabilidad de empresas, gestores y administraciones de garantizar productos seguros y ambientes saludables; por otro, mediante estrategias que permitan a la ciudadanía conocer y comprender los riesgos naturales y le proporcionen, además, herramientas de autoprotección. En esta línea, el Plan Estratégico de Salud y Medioambiente (PESMA) es una oportunidad inestimable para proteger de forma más racional y eficaz a la población de los efectos nocivos de la radiactividad natural.

La radiactividad y sus riesgos

Las sustancias están formadas por átomos, cuyos núcleos, constituidos por protones y neutrones, son, en su mayoría, estables. Sin embargo, aquellos que tienen determinado exceso de neutrones, se desintegran emitiendo energía en forma de partículas cargadas o de radiación electromagnética. Este fenómeno se conoce como radiactividad. La radiactividad puede ser natural (cuando los núcleos que se desintegran se encuentran originariamente en la naturaleza) o artificial (cuando se trata de átomos creados por la acción humana).

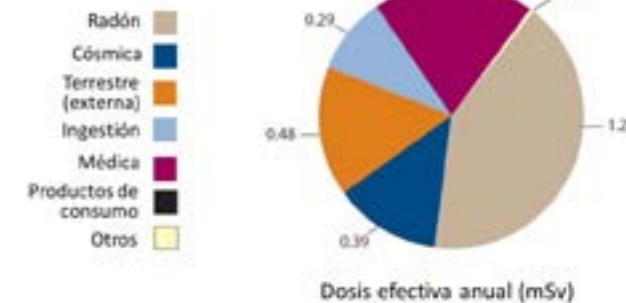
La radiación emitida en la desintegración nuclear ioniza la materia, es decir, arranca electrones de los átomos cercanos, y provoca cambios químicos en los tejidos vivos. Los efectos biológicos de la radiación ionizante se deben a estos cambios, los cuales tienen lugar en la estructura química de las células, en particular en el ADN.

La exposición a dosis agudas y relativamente altas de radiación provoca efectos deterministas, causados por la muerte de un número elevado de células de un tejido u órgano. Estos efectos pueden ir desde el eritema o la esterilidad hasta el síndrome de irradiación aguda, que, a muy altas dosis, provoca la muerte. A dosis bajas y recibidas a lo largo de períodos de tiempo prolongados —como las

debidas a los materiales presentes en la naturaleza—, los efectos de la radiación son un aumento del riesgo de cáncer para la persona expuesta y alteraciones hereditarias en su descendencia. Ambos efectos son estocásticos y su probabilidad de ocurrencia aumenta de forma lineal con la dosis recibida, sin que haya un umbral por debajo del cual los efectos de la radiación puedan considerarse inocuos.

La mayor parte de la dosis por radiación ionizante que recibe la población se debe a fuentes naturales

En nuestra percepción colectiva, el fenómeno de la radiactividad y sus efectos están inevitablemente ligados a grandes catástrofes humanas y ambientales, como el lanzamiento de las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, o los accidentes nucleares de Chernóbil y Fukushima. Sin embargo, al margen de estas circunstancias excepcionales (que conllevan niveles de radiación letales), la mayor parte de las dosis por radiación ionizante que recibe la población mundial se debe a fuentes naturales.



Contribuciones de las distintas fuentes a la dosis efectiva anual promedio para la población mundial (según el informe de 2008 del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas, UNSCEAR)

UNSCEAR cifra la contribución natural en una dosis efectiva ¹ de 2,4 mSv/año, siendo su principal componente la inhalación de radón (un gas radiactivo de la cadena del uranio). Otras fuentes naturales relevantes son la radiación gamma terrestre y la radiación cósmica, tercera y cuarta en importancia, tras las exposiciones médicas. En España, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) estima que la dosis efectiva de radiación natural recibida por la población es en promedio de 2,6 mSv/año,² de la cual un 52 % es atribuible a la exposición al radón en las viviendas.

Contribuciones de las distintas fuentes a la dosis efectiva anual promedio para la población mundial (según el informe de 2008 del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas, UNSCEAR)

La radiactividad natural es ubicua y la exposición a ella, por tanto, inevitable. Aunque en las condiciones habituales no representa un riesgo significativo, en determinadas circunstancias puede alcanzar valores extremos. La exposición a estos altos niveles conlleva efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente, que pueden y, por tanto, deben controlarse.

El radón (Rn-222) es un gas radiactivo de origen natural de la cadena de desintegración del uranio. Procede fundamentalmente de las rocas y del suelo (donde el uranio está presente desde su formación) y desde allí migra, por difusión o advección, y tiende a acumularse en el aire interior de los edificios.

Tratamiento de la radiación natural en el sistema de protección radiológica

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (conocida como ICRP, por sus siglas en inglés) se constituyó en 1950 para abordar la seguridad en el creciente uso de las fuentes de radiación y los materiales radiactivos.

El PESMA es una oportunidad para proteger a la población de la radiactividad natural



Sus recomendaciones se fundamentan en una serie de principios (ver tabla 1) que representan el consenso internacional sobre el paradigma de la protección radiológica. Esas recomendaciones constituyen la base sobre la cual se desarrolla la normativa internacional en materia de protección radiológica que los distintos países adoptan en sus regulaciones nacionales. Las principales referencias internacionales son las Normas Básicas de Seguridad del Organismo Internacional de la Energía Atómica y las de la Comisión Europea (recogidas en la directiva 2013/59/Euratom).

La ICRP distingue tres tipos de situaciones de exposición, que deben abordarse de manera diferente: existente, planificada y de emergencia. Cuando se toma una decisión sobre el control de una situación de exposición existente (provengan de fuentes naturales o artificiales), tanto las posibles medidas de reducción del riesgo como su efectividad son más limitadas que en una situación planificada.

Principio de justificación	Cualquier decisión que aumente de manera significativa la exposición a la radiación ionizante debe producir más beneficio (individual y/o social) que daño
Principio de optimización	La probabilidad de recibir exposiciones a la radiación, el número de personas expuestas, la magnitud de las dosis esperadas y los riesgos deben mantenerse tan bajos como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores técnicos, económicos y sociales
Principio de protección individual	Las dosis recibidas por las personas deben limitarse de manera que se impidan, en lo posible, las inequidades individuales que podrían derivarse de aplicar los principios de justificación y optimización

Tabla 1. Principios de la protección radiológica. Estos tres principios integran valores de prudencia (principio de precaución) para proteger a las generaciones futuras y a su hábitat



La radiación emitida en la desintegración nuclear provoca cambios químicos en los tejidos vivos

La mayor parte de las exposiciones a la radiación natural entran en la categoría de situaciones existentes.

En el caso de la radiación natural es complejo establecer qué situaciones deben quedar sujetas a control regulador y cuál debe ser el alcance de los controles, puesto que afecta a toda la población. En la práctica, el éxito de un sistema regulador con un campo de actuación tan amplio radica en aplicar un enfoque pragmático y flexible, basado en la identificación de los individuos más expuestos, sobre los cuales se debe actuar prioritariamente, y en la aplicación de un control gradual, en función del riesgo, para las actividades humanas en las que se procesan o generan materiales naturales con concentraciones de radiactividad relevantes.

Exposición al radón en España

En España se estima que la exposición doméstica al radón es responsable de 838 muertes por cáncer de pulmón cada año (Ruano *et al.*, 2021). Un hito fundamental que contribuirá a reducir a largo plazo este número de cánceres ha

sido la inclusión en el Código Técnico de Edificación, en 2019, de una nueva sección HS6, sobre protección contra el radón, en el Documento Básico 'Salubridad'. La sección HS6 incorpora un nivel de referencia de 300 Bq/m³ —acorde con la directiva europea 2013/59/Euratom—, que la concentración de radón en los edificios de nueva planta y rehabilitados no debe superar.

Este nivel de 300 Bq/m³ supone que los ocupantes de la vivienda pueden recibir una dosis efectiva de radiación de unos 14 mSv/año debida al radón. No obstante, en el actual parque de edificios no es inusual encontrar concentraciones superiores a 1 000 Bq/m³ en plantas bajas o sótanos, especialmente en zonas de geología ígnea o metamórfica de origen ígneo. Para poner estas cifras en contexto, el límite de dosis que se aplica para garantizar la protección de los trabajadores expuestos en instalaciones nucleares y radiactivas es de 20 mSv/año, aunque las dosis recibidas *de facto* por estos son muy inferiores. Según datos del CSN, menos del 2 % de todo el colectivo recibe dosis efectivas superiores a 5 mSv/año, y en particular, las dosis recibidas por el personal de las centrales nucleares son de 1–2 mSv/año (CSN, 2010). Es decir, las dosis de radiación por radón que recibe una gran parte de la población española en sus viviendas superan con creces las dosis ocupacionales de los trabajadores del sector nuclear.

Reducir las exposiciones de la población al radón—aún a concentraciones inferiores al nivel de referencia—debe ser, por tanto, un objetivo prioritario de la protección



La minería de tierras raras o el procesamiento de roca fosfática pueden conllevar riesgos por exposición a la radiación natural si no se introducen los controles necesarios

radiológica en España. También es una prioridad en un contexto de salud pública: el Código Europeo contra el Cáncer aconseja a la ciudadanía, en su Recomendación 9, que mida el radón en sus domicilios y, si es preciso, tome medidas para reducirlo.

Otros riesgos

En el ámbito ocupacional, la exposición al radón, y, en general, a la radiación natural, está regulada. Es responsabilidad del empleador llevar a cabo los estudios necesarios para identificar si existe un riesgo radiológico significativo y, en su caso, velar porque se adopten las medidas de protección necesarias (Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes e Instrucción IS-33 del CSN).

Entre los trabajadores con riesgo de exposición al radón se encuentran aquellos cuya actividad se desarrolla en lugares subterráneos (como cuevas o túneles) o en lugares en los que se procesa agua de origen subterráneo. Las tripulaciones aéreas también pueden recibir dosis elevadas debido a la radiación natural; en este caso, a la radiación cósmica, que aumenta con la altitud. Un tercer grupo de riesgo lo constituyen los trabajadores de industrias en las que se procesan o generan materia-

En España se estima que la exposición doméstica al radón provoca 838 muertes por cáncer de pulmón cada año

les radiactivos de origen natural (denominados NORM, por su acrónimo en inglés). Estas industrias incluyen un amplio número de sectores, como la producción de gas y de petróleo, la minería de tierras raras, el procesamiento de roca fosfática, etc.

En las industrias afectadas por NORM no solo es preciso implantar medidas y controles radiológicos para proteger la salud de los trabajadores; también es necesario gestionar los residuos y efluentes de manera que se garantice una adecuada protección del medio ambiente y de la población del entorno. Los suelos o recursos hídricos contaminados por las malas prácticas del pasado ligadas a estas industrias pueden estar afectados por radionúclidos de origen natural. Ese potencial riesgo radiológico debe evaluarse para determinar si son necesarias actuaciones urgentes (como vallado u otras restricciones de uso del suelo y las aguas) y, en su caso, mitigarse mediante su restauración ambiental.



Un inspector del CSN comprueba la tasa de radiación gamma externa de unos bidones con residuos generados en la producción de gas natural
©ARAN, CSN. 2022



Toma de un Vibrocoredurante la inspección del CSN al embalse de Flix (Tarragona) para verificar el estado radiológico de los sedimentos del embalse tras las operaciones de dragado de lodos contaminados
©ARAN, CSN. 2022

Por último, el agua y los alimentos pueden constituir otra fuente significativa de radiactividad. De acuerdo con el Real Decreto 140/2003, los gestores de los abastecimientos de agua para el consumo humano, bajo la supervisión de la autoridad sanitaria, deben hacer controles radiológicos del agua, y, cuando sea necesario, tratarla tomando como referencia una dosis indicativa de 0,1 mSv/año.

El Consejo de Seguridad Nuclear, creado por la Ley 15/1980 como único organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, desempeña un papel esencial en el control de las exposiciones a la radiactividad natural. Sus primeros esfuerzos en este campo, en los años noventa, se centraron en evaluar la magnitud del problema, con el apoyo de distintas universidades. Fruto de esas investigaciones, y de otros trabajos posteriores en esa línea, han sido el Mapa de Radiación Gamma Natural (Suárez *et. al.*, 2000) y el Mapa de Potencial de Radón de España (García-Talavera y López, 2019), disponibles en <https://www.csn.es/frente-a-radiacion-natural>.

En la actualidad, el CSN ha emitido abundante normativa propia sobre el control de exposiciones a la radiación natural, apoya mediante subvenciones la I+D+i y ejerce distintas funciones en este ámbito. Entre ellas, supervisa y controla las actividades laborales con especial exposición a la radiación natural; evalúa, a solicitud de la autoridad competente, los planes de restauración de los terrenos o recursos hidrológicos afectados radiológicamente; o emite informes preceptivos en las declaraciones de impacto ambiental de los proyectos con implicaciones radiológicas.

Nuevo enfoque en el control de la radiación natural

Tradicionalmente, la primera respuesta de los Gobiernos a los problemas de salud pública, y en particular, de salud ambiental, ha sido establecer regulación. La calidad del agua de consumo, las condiciones de habitabilidad de los edificios o los niveles de contaminación atmosférica admisibles son objeto de regulación tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Como recoge la sección anterior, la exposición a la radiación natural no es una excepción.

Reducir las exposiciones al radón debe ser objetivo prioritario de la protección radiológica en España

Más allá del ámbito jurídico, en los últimos años se ha puesto de manifiesto la importancia de desarrollar políticas y estrategias que permiten un enfoque más flexible y, sobre todo, integral y participativo. La directiva europea 2013/59/Euratom obliga por primera vez a los Estados Miembros a establecer estrategias para controlar las exposiciones a la radiación; en particular, un plan nacional contra el radón que represente la política y estrategia de cada Estado, con el objetivo a largo plazo de reducir el número de cánceres en la población (art.103); y, con carácter más general, programas y estrategias que permitan identificar y gestionar cualquier situación de exposición existente que sea relevante (arts. 100 y 101). Entre estas destaca la exposición a terrenos contaminados y a materias primas o productos básicos.

El PESMA, que incluye un área temática dedicada a la radiactividad natural, es una magnífica oportunidad para cimentar y conseguir este cambio de enfoque en España. Por descontado, es necesario que el alcance de las acciones sobre radiactividad sea transversal a otras áreas, puesto que la exposición a la radiación natural añade a aspectos tan diversos como la contaminación del aire interior (radón), la gestión de los residuos (residuos NORM) o la contaminación industrial (industrias que generan o procesan NORM).

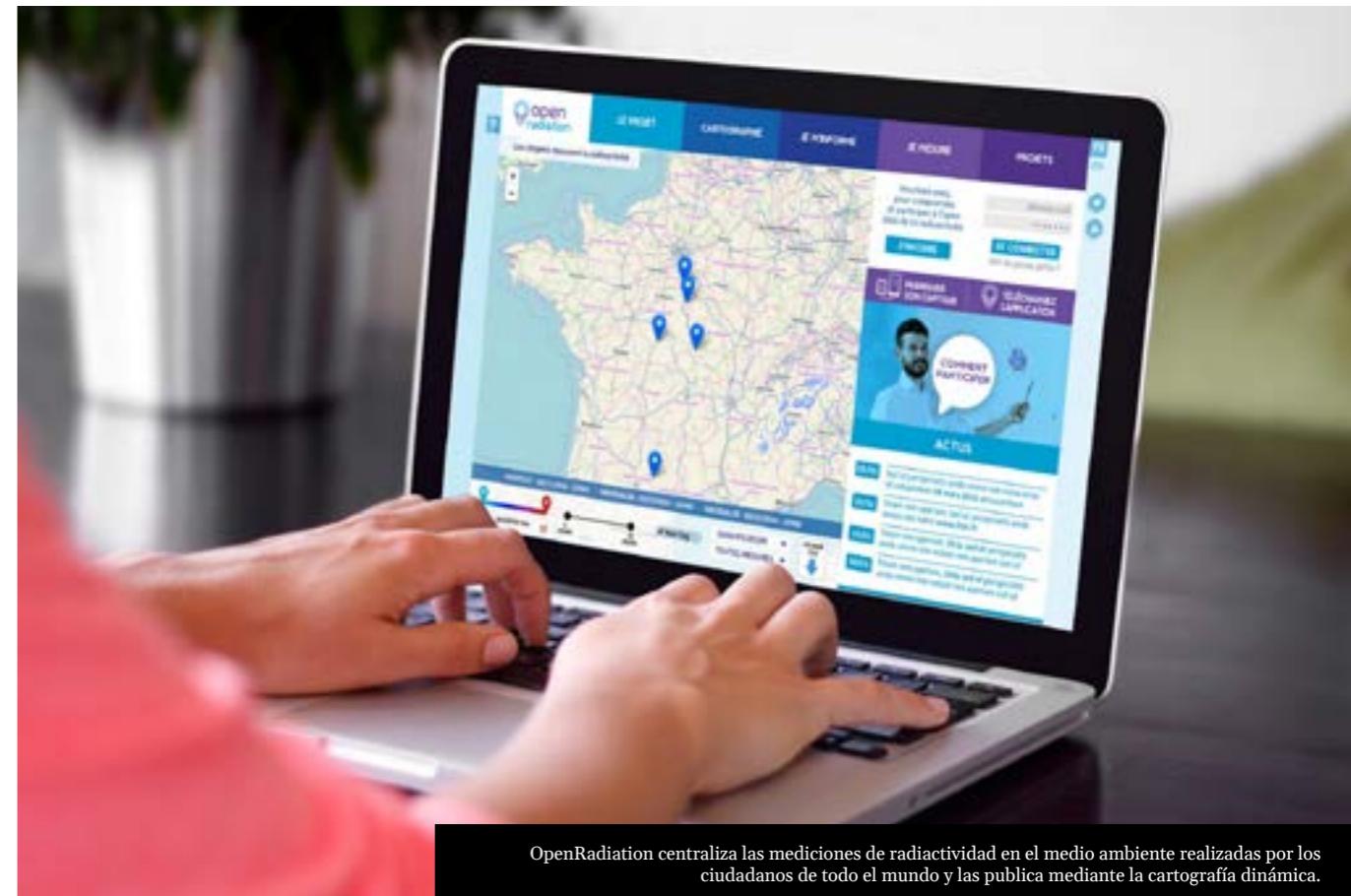
Esa integración de los aspectos de protección radiológica en las distintas áreas temáticas requiere, como primer pilar, mejorar la colaboración entre las administraciones competentes (estatales, autonómicas y locales) y reforzar la interrelación de estas con el CSN.

Según reconoce el PESMA, un segundo pilar fundamental —común al desarrollo de cualquier política o estrategia— debe ser la participación ciudadana. En el caso de la radiación na-

tural, esta es especialmente relevante; por una parte, porque la radiactividad afecta al conjunto de la población; por otra, porque el éxito de las actuaciones depende a menudo de decisiones individuales (por ejemplo, la de hacer obras en la vivienda para mitigar la entrada de radón).

La alianza para reducir los riesgos por exposición a la radiación natural debe incluir a los sectores público, privado, científico y sociedad civil

Por ello, entre las acciones para promover la educación y la participación de la sociedad en cuestiones de radiactividad ambiental, el CSN se unirá en los próximos meses a la iniciativa Open Radiation (<https://www.openradiation.org/>), mediante la cual impulsará, junto a Ibercivis, proyectos de ciencia ciudadana. El objetivo es doble: hacer



OpenRadiation centraliza las mediciones de radiactividad en el medio ambiente realizadas por los ciudadanos de todo el mundo y las publica mediante la cartografía dinámica.

partícipe a la ciudadanía de las actividades científicas, lo cual redunda en un mejor conocimiento de la exposición a las radiaciones ionizantes, y, en última instancia, generar confianza y lograr una comprensión más profunda entre el organismo regulador y el público.

En materia de radiactividad natural, el CSN, de acuerdo con su misión y funciones, debe ser un nodo central en

la red de colaboración que sustenta el Plan Estratégico, tanto asesorando a las administraciones competentes como fomentando el diálogo y la participación de la sociedad. La alianza para conseguir un tratamiento de las exposiciones a la radiación natural más racional (informado por el riesgo, sostenible, equitativo) y eficaz debe incluir los sectores público y privado, el científico, y la sociedad civil.

Notas y Referencias

1 La dosis efectiva es una magnitud de protección radiológica que representa el riesgo a largo plazo para la salud humana debido a la exposición a la radiación ionizante. Tiene en cuenta el tipo de radiación recibida, la energía que esta deposita y la radiosensibilidad de los órganos irradiados. De este modo, permite comparar los efectos de distintas exposiciones.

2 Estimación revisada, a partir de García-Talavera et al. 2007. Se ha considerado el nuevo coeficiente de dosis por radón (ICRP 137, Parte 3) publicado en 2018, siguiendo un modelo dosimétrico, coherente con la última evidencia epidemiológica.

CSN (2010). "Dosis de radiación". SDB-04.07.

García-Talavera M. et al. (2007). *Radiation Protection Dosimetry* 124(4):353-9. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncm213>.

García-Talavera M. y López F.J. (2019). CSN. Colección Informes Técnicos 51.2019

Ruano A. et al. (2021) *Environmental Research* 199:111372. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111372>

Suarez E. et al. (2000). CSN. Colección Informes Técnicos 5.2000.