

El radón en el medio humano: Evaluación de la situación

Más de 50 países participan en un programa de investigación OIEA/CCE sobre el radón, que se prevé concluir este año

por Jasimuddin
U. Ahmed

Hasta fines del decenio de 1970, las radiaciones del radón y sus nucleidos hijos se consideraban un peligro para la salud que sólo se presentaba en la extracción y el tratamiento del uranio. Este concepto cambió radicalmente al detectarse en muchas partes del mundo niveles generalizados de radón en interiores. Por ejemplo, se ha observado un aumento de las concentraciones de radón en viviendas de países de las regiones templadas donde a causa de medidas estrictas de ahorro de energía las personas cierran herméticamente puertas y ventanas, sobre todo durante los meses fríos. Además, cada vez son más evidentes los problemas ocasionados por el radón en muchas minas subterráneas no uraníferas o en lugares de trabajo situados bajo tierra con escasa ventilación.

Por lo tanto, en todo el mundo se ha venido prestando mayor atención al problema de la exposición al radón y a los riesgos inherentes para la salud. Según evaluaciones efectuadas por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), el radón presente en el medio natural constituye alrededor del 53% de la exposición del hombre a la radiación natural.

En la extracción subterránea, fundamentalmente en la extracción del uranio, se ha observado una elevada incidencia de cáncer de pulmón en los Estados Unidos (Colorado), la República Checa y el Canadá (Ontario), y lo mismo ha ocurrido con los

mineros de los yacimientos subterráneos de espato flúor y de mineral de hierro en Suecia. Actualmente los círculos científicos aceptan que la elevada incidencia de cáncer de pulmón entre los mineros que trabajan bajo tierra guarda relación con la exposición al radón y sus nucleidos.

Por otra parte, poco se conoce acerca de los efectos sanitarios potenciales de la exposición al radón en las viviendas. No es razonable tratar de comprender los riesgos potenciales para la salud de la población utilizando la relación entre la elevada incidencia de cáncer de pulmón entre los mineros que trabajan bajo tierra y la exposición al radón, puesto que el nivel de exposición en las viviendas es muy inferior al de las minas. Hay quienes opinan que la gran incidencia de cáncer de pulmón entre los primeros trabajadores de las minas de uranio podría deberse a los efectos sinérgicos del hábito de fumar empedernidamente, al polvo del mineral, los gases tóxicos y otros factores, unidos a un nivel de exposición al radón muy elevado. Con todo, los datos sobre los mineros podrían resultar útiles siempre que se tomen en cuenta las diferencias existentes entre los efectos de la exposición para los dos grupos de poblaciones en dos situaciones diferentes.

A fines del decenio de 1980, el OIEA y la Comisión de las Comunidades Europeas emprendieron un programa coordinado de investigación (PCI) quinquenal sobre el radón en el medio ambiente humano. En estos momentos más de 50 países tienen proyectos en curso, lo que indica el gran interés que suscita el tema. El PCI terminará este año. En el presente artículo se ofrecen resultados seleccionados de los estudios sobre el radón efectuados en algunos países y se describe el marco internacional en que proseguirán las investigaciones coordinadas en esta esfera.

El Sr. Ahmed fue funcionario superior de la División de Seguridad Nuclear del OIEA. Todas las referencias utilizadas para el presente artículo se pueden solicitar al autor.

Origen del radón

El suelo es la fuente principal de radón 222, un nucleido hijo del radio 226 que pertenece a la cadena de desintegración del uranio 238. El torón (radón 220) se obtiene mediante la desintegración alfa del radón 224, que pertenece a la cadena de desintegración del torio 232. El radón y el torón son gases nobles que pueden migrar del suelo, ya sea por difusión molecular o por convección, y entrar en la atmósfera. La distribución del radón en el aire depende de las condiciones meteorológicas. Los nucleidos hijos del radón y el torón son isótopos de metales pesados, se pueden adherir fácilmente a las partículas de aerosol suspendidas en el aire y se desintegran por medio de emisiones alfa y/o betagamma. El depósito seco, o la lluvia y otros procesos de precipitación, eliminan del aire los aerosoles cargados con los nucleidos del radón y el torón.

El período de semidesintegración del radón es de 3,8 días, mientras que el del torón, que es de período muy corto, sólo dura 55 segundos. Entre los nucleidos hijos, algunos son de período corto y otros de período largo. Los nucleidos hijos de período corto representan la fracción más elevada de la concentración de radiactividad al nivel del suelo entre todos los contaminantes radiactivos naturales o artificiales que se encuentran en el aire. (Véase el cuadro.)

Los materiales de construcción como el granito, la toba volcánica italiana y el hormigón ligero de esquisto alumbroso pueden contener concentraciones muy elevadas de radón 226 y constituir así una fuente de migraciones de este gas hacia el aire en interiores. El aire exterior puede desempeñar un papel importante en la entrada del radón en los edificios por puertas y ventanas abiertas, ventilación mecánica e infiltración, así como por filtraciones de aire no controladas a través de grietas en los edificios. Además, una parte del radón contenido en el agua y el gas natural que se utilizan en las viviendas puede pasar al aire de las habitaciones.

Algunos de los principales estudios sobre el radón en interiores

En el decenio pasado la presencia de radón en las viviendas fue objeto de una atención enorme en casi todos los países de Europa y América del Norte y en muchos países de Europa oriental. A nivel nacional se emprendieron estudios para determinar los niveles de radón en las viviendas y evaluar los riesgos consiguientes de cáncer de pulmón. Muchos países de zonas templadas, entre ellos China y el Japón, han iniciado amplios programas sobre la presencia de radón en viviendas y lugares de trabajo. En los países tropicales se ha observado un gran interés al respecto y se han emprendido programas de estudios de diversa magnitud sobre el radón.

El gran interés que ha despertado el radón se puede apreciar también en las publicaciones científicas. En el Simposio Internacional sobre el Medio Ambiente de Radiación Natural (NRE IV), celebrado en Lisboa, Portugal, en 1987, el 65% de las 110 ponencias publicadas versaban sobre el radón solamente. De modo análogo, en el NRE V, celebrado en Salzburgo, Austria, en 1991, cerca del 70%

	Radionucleido	Período de semidesintegración	Concentración de la actividad (milibecquerelio por metro cúbico)
Natural	Tritio	12,3 años	≈ 20
	Carbono 14	5736 años	≈ 40
	Berilio 7	53,6 días	1-7
	Nucleidos hijos del radón*	164 μs-26,8 minutos	1000-5000
	Plomo 210	22,3 años	0,2-1,0
	Polonio 210	138,4 días	0,03-0,3
Artificial	Plomo 212	10,6 horas	20-1000
	Bismuto 212	60,6 minutos	10-700
	Yodo 131	8,04 días	< 0,0001 (4000**)
	Cesio 137	30,1 años	0,0005-0,005 (4000**)
	Rutenio 106	386,2 días	0,0001-0,002 (2000**)

* Los nucleidos hijos del radón son: polonio 218, plomo 214, bismuto 214 y polonio 214.

** Tras el accidente nuclear de Chernobil, el valor máximo registrado en Göttingen, Alemania, los días 2 y 3 de mayo de 1986.

Fuente: J. Porstendorfer, *Properties and Behaviour of Radon and Thoron and Their Decay Products in the Air*. Actas del Fifth International Symposium on the Natural Radiation Environment Tutorial Session, publicadas por la Comisión de las Comunidades Europeas, Oficina de Luxemburgo, 1993, ISBN92-826-5604-7.

de las 163 ponencias trataban sobre temas relacionados con el radón.

Además, como se señaló anteriormente, unos 55 países participan en el programa coordinado de investigación OIEA/CCE sobre el radón. Si bien no es posible presentar los resultados de los estudios sobre el radón de tantos países, algunos en particular son dignos de mención.

Estados Unidos de América. En un estudio realizado a fines del decenio de 1980 por el Organismo para la Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos y dado a conocer por el Servicio de Salud Pública de ese país, se señaló que en los Estados Unidos los problemas del radón en interiores eran más graves y estaban más difundidos de lo que se había sospechado anteriormente. Según el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, se calcula que unos 5000 casos anuales de cáncer de pulmón entre no fumadores se deben totalmente a la exposición al radón en interiores; entre los fumadores, la exposición al radón en interiores incidió en las 15 000 muertes por esa enfermedad. Algunas estimaciones posteriores indican cifras incluso más altas. Según ese Servicio estadounidense, las estadísticas muestran que el número de víctimas del radón en interiores "probablemente sea diez veces el que ocasiona la contaminación del aire exterior". La recomendación del EPA de que se realizara otro estudio a fin de examinar un mayor número de viviendas recibió el apoyo del Inspector General de Sanidad de los Estados Unidos, la American Medical Association, la American Lung Association y otras organizaciones de salud.

En un programa nacional de estudios sobre el radón en las viviendas, ejecutado por el EPA de 1989 a 1991, se calculó la distribución de la frecuencia de

Intervalos de concentración de radionucleidos naturales y artificiales en el aire

El Programa Internacional de Metrología del Radón

Se ha establecido un sistema de laboratorios de referencia, apoyo técnico y coordinación regional, para ayudar a asegurar la comparabilidad de las mediciones del radón obtenidas por diferentes instituciones de todo el mundo. Dicho sistema, denominado Programa Internacional de Metrología del Radón (IRMP), es coordinado por el OIEA y la Comisión de las Comunidades Europeas, y la Universidad de Salzburgo actúa como secretaria científica. Los laboratorios asumen las siguientes responsabilidades:

- Los laboratorios de referencia brindan orientación sobre temas científicos relacionados con la metrología del radón (radón 222), el torón (radón 220) y sus productos de desintegración, particularmente en las esferas de calibración de los dispositivos de medición en laboratorio y en el terreno, muestreo en el terreno y métodos de estudio y procedimientos analíticos. Se ha designado laboratorios de este tipo para tres regiones: en Europa, la Junta Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido; en América del Norte, el Departamento del Interior, la Oficina de Minas y el Laboratorio de Mediciones Ambientales, de los Estados Unidos; y en Asia y el Pacífico, el Laboratorio de Radiaciones de Australia.

- Los laboratorios de apoyo técnico brindan ese apoyo en forma de cámaras de exposición calibradas que se utilizan para realizar ejercicios de intercomparación con el radón 222, el torón y sus productos de desintegración en condiciones de laboratorio definidas. Se han designado tres laboratorios de apoyo técnico para el IRMP, a saber, dos oficinas del Organismo para la

Protección del Medio Ambiente en Montgomery y Las Vegas, Estados Unidos de América, para el radón 222; y CANMET, en Elliot Lake, Canadá, para el torón.

- Los laboratorios de coordinación regional prestarán asistencia logística en la coordinación y realización de actividades regionales relacionadas con los programas de garantía de calidad para el radón 222, el torón y sus productos de desintegración. Estos laboratorios, designados para cuatro regiones específicas, son el Instituto de Protección Radiológica del Brasil para América del Sur; el Laboratorio de Radiaciones de Australia para Asia y el Pacífico; la Comisión de Energía Atómica de Ghana para África; el Instituto de Epidemiología de la República Checa para Europa y el Oriente Medio; y el Instituto de Extracción del Uranio, en Hengyang, China, para Asia.

El programa de operaciones funciona de la siguiente manera. Los usuarios finales que solicitan la calibración de detectores pasivos los envían a sus laboratorios nacionales. Estos laboratorios nacionales pueden calibrar los detectores o remitirlos al laboratorio de coordinación regional para su calibración en el laboratorio de apoyo técnico, que realizará ejercicios periódicos de calibración e intercomparará sus técnicas de medición con los laboratorios de referencia. Todos los laboratorios, cualquiera que sea su nivel, pueden calibrar sus equipos utilizando las fuentes de gas radón proporcionadas por laboratorios nacionales de normalización, como el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos y el Laboratorio Nacional de Física del Reino Unido.

las concentraciones medias anuales de radón en viviendas habitadas de 50 estados. En un cuestionario de 22 páginas se recogió información sobre diversos factores. Los resultados indicaron que la concentración media aritmética anual de radón era de 46 ± 2 bequerelios por m^3 , así como que unos 6 millones de viviendas sobrepasaban el nivel de acción de 150 bequerelios por m^3 .

En otro estudio estadounidense se compilaron los resultados de las mediciones de fuentes disponibles como el EPA, la Universidad de Pittsburgh y organismos de diversos estados. Dicho estudio incluyó mediciones de radón en viviendas de 1730 condados, cifra que representa mucho más de la mitad de todos los condados del país y abarca cerca del 90% de la población estadounidense.

Bernard Cohen realizó un análisis de los efectos sanitarios de la exposición al radón en interiores a los niveles bajos observados. Sorprendentemente, descubrió que la teoría del no umbral lineal de la carcinogénesis de las radiaciones sobreestimaba mucho los riesgos de las radiaciones de bajo nivel. En este análisis, publicado en 1992, se concluyó además que, incluso de ser cierta la teoría del no umbral lineal, el temor del público a las radiaciones de bajo nivel era demasiado exagerado.

Reino Unido. De acuerdo con una estimación hecha por la Junta Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido (NRPB) en 1989 sobre la incidencia de cáncer de pulmón por exposición al radón en interiores en el país, "de un total de 4100 casos de cáncer de pulmón al año", el radón podría ser la causa en hasta 2500 casos o más. El radón en interiores representa la mitad de la exposición media de la población del Reino Unido a las radiaciones ionizantes.

Hasta el verano de 1991 se efectuaron mediciones del radón en 58 000 viviendas con miras a realizar estudios epidemiológicos complementarios, y aplicar además medidas correctivas y preventivas. Ya el Gobierno admite que la exposición al radón en las viviendas constituye un riesgo para la salud. Hasta el momento, en el Reino Unido se han encontrado concentraciones de radón superiores al nivel de acción de 200 bequerelios por m^3 en alrededor del 10% de las viviendas. Pese a este buen comienzo, aún falta por determinar la presencia de radón en el 90% de las viviendas posiblemente afectadas.

China. En 1972 se inició una investigación epidemiológica en zonas con altos niveles de radiación de fondo cerca de Yangjang, China. Se seleccionó una zona de alta radiación de fondo en que se

registraban niveles de radiación natural tres veces mayores que en una zona de control cercana. En cada zona se estudiaron unos 80 000 habitantes cuyas familias habían vivido en el lugar durante dos o más generaciones. La dosis equivalente efectiva media anual fue de 5,4 mSv en la zona de alta radiación de fondo y de 2 mSv en la zona de control como resultado de una exposición combinada a la radiación gamma externa y al radón y sus nucleidos hijos. Se estudiaron carcinógenos y mutágenos ambientales, distintos de la radiación natural, así como factores mixtos del hospedero. La investigación abarcó un millón de años-persona de observación para determinar la mortalidad por cáncer en ambas zonas.

Los resultados del estudio no arrojaron incremento alguno de la mortalidad por cáncer en la zona de alta radiación de fondo en comparación con la zona de control. Por el contrario, se observó que la mortalidad por cáncer tendía a ser inferior en la primera. La incidencia de enfermedades hereditarias y defectos congénitos fue similar en ambas zonas. La frecuencia de aberraciones cromosómicas en los linfocitos circulantes era mayor en la zona de alta radiación de fondo que en la de control.

Niveles de acción nacionales e internacionales

Con el transcurso de los años, los gobiernos y las organizaciones internacionales han establecido "niveles de acción" para las exposiciones al radón. Según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), estos niveles están destinados a iniciar la intervención en el sentido de ayudar a decidir cuándo es necesario exigir o aconsejar la adopción de medidas correctivas en las viviendas. La selección del nivel de acción es una labor compleja porque depende no sólo del nivel de exposición, sino también del alcance probable de la acción, lo cual tiene repercusiones económicas para la comunidad y los individuos. Tal vez lo más acertado sea elegir un nivel de acción que defina un número importante, pero no inabarcable, de viviendas necesitadas de trabajo correctivo. Por tanto, no cabe esperar que el mismo nivel de acción resulte apropiado en todos los países.

Los niveles de acción adoptados son disímiles. Análogamente, el confin superior de las concentraciones de radón para los nuevos edificios difiere de un país a otro. (Véase el cuadro.)

En la actual versión revisada de las Normas básicas de seguridad, el OIEA recomienda un nivel de acción de 200 bequerelios de radón 222 por m³ para las viviendas y de 1000 bequerelios por m³ para los lugares de trabajo.

Programa del OIEA sobre el radón

En el decenio de 1980, el OIEA, en respuesta a las preocupaciones de sus Estados Miembros, decidió evaluar la situación de la exposición al radón en las viviendas y los lugares de trabajo. Uno de los objetivos que perseguía era determinar el tipo de orientación que se requeriría para establecer

	Nivel de acción (Bq por m ³)	Confin superior (Bq por m ³)	Año de establecido
Alemania	250	250	1988
Australia	200	NI	NI
Canadá	800	NI	1989
China	200	100	NI
Estados Unidos de América	150	NI	1988
Irlanda	200	200	1991
Luxemburgo	250	250	1988
Noruega	200	<60-70	1990
Reino Unido	200	200	1990
RFCE (antigua)	200	100	1991
Suecia	200	70	1990
URSS (antigua)	200	100	1990
CCE	400	200	1988
CIPR	200-600	—	1993
Países Nórdicos	400	100	1986
OMS	100	100	1985

CCE = Comisión de las Comunidades Europeas; CIPR = Comisión Internacional de Protección Radiológica; Países Nórdicos = Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca; OMS = Organización Mundial de la Salud; NI = No informado todavía al OIEA.

cualesquiera medidas de control necesarias. En 1988 el Organismo emprendió junto con la CCE un programa coordinado de investigación (PCI) sobre el radón en el medio ambiente humano que se puso en práctica a fines de 1989. Se recibieron unas 140 propuestas de 55 países, es decir, una muestra de interés extraordinaria.

Tras examinar las propuestas, el OIEA concedió 14 contratos de investigación y 37 acuerdos de investigación para un total de 51 proyectos. Además, la CCE ofreció 25 contratos de investigación que concedió a sus Estados Miembros.

Posteriormente, el antiguo Programa Internacional de Intercomparación e Intercalibración (IIIP), que estaba a cargo de unos pocos laboratorios especializados en el radón, pasó a formar parte del PCI conjunto sin costo alguno para el OIEA. El programa adquirió así una nueva dimensión al brindar a muchos países en desarrollo la oportunidad de participar casi gratuitamente en los ejercicios de intercomparación e intercalibración y facilitarles acceso a todos los datos. Recientemente el IIIP pasó a denominarse Programa Internacional de Metrología del Radón (IRPM). (Véase el recuadro.) Este programa sigue siendo parte del PCI.

El trabajo realizado en el marco del PCI ha sido satisfactorio, ya que se han terminado muchos proyectos y otros están a punto de concluir. Los resultados se darán a conocer en la reunión final de coordinación de las investigaciones, que se prevé celebrar en el otoño de 1994. Después, dado el alto grado de interés que persiste, es probable que las investigaciones realizadas por conducto del PCI del OIEA se centren en la atenuación de las exposiciones al radón.

Valores nacionales e internacionales de los niveles de acción y los confines superiores para el radón en viviendas