



NTP 533: El radón y sus efectos sobre la salud

Le radón et ses effets sur la santé.
radón and its health effects.

Redactora:

Adoración Pascual Benés
Ingeniero Técnico Químico

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La Comisión Europea en su Recomendación del 21 de febrero de 1990 (90/143 Euratom) y en la Directiva 96/29/Euratom de 13 de mayo de 1996, se refiere a las fuentes naturales de radiación. Cada Estado miembro debe garantizar que se lleve a cabo la identificación, mediante estudios u otras medidas adecuadas, de las actividades laborales en que los trabajadores y, en su caso, los miembros del público estén expuestos a la inhalación de descendientes de torón o de radón o a la radiación gamma o cualquier otra exposición en lugares de trabajo. En esta Nota Técnica de Prevención se da una visión general de los efectos del radón sobre la salud de las personas cuando es inhalado. Ver también la Nota Técnica de Prevención 440 que hace referencia al radón como contaminante en el interior de los edificios.

Introducción

El radón es un gas radiactivo de origen natural; se produce por la descomposición del uranio-238 que a su vez se desintegra en el radio-226 y éste en el radón-222 (ver la figura 1). Esto tiene lugar en el seno de la corteza terrestre por ser el uranio-238 un elemento presente en pequeñas cantidades en muchos tipos de rocas, suelos y materiales. De estos materiales el gas radón emigra hacia la atmósfera y, una vez en ésta, se dispersa y se desintegra en sus descendientes (también radiactivos), que se adhieren a las partículas que están siempre presentes en el aire (aerosol atmosférico).

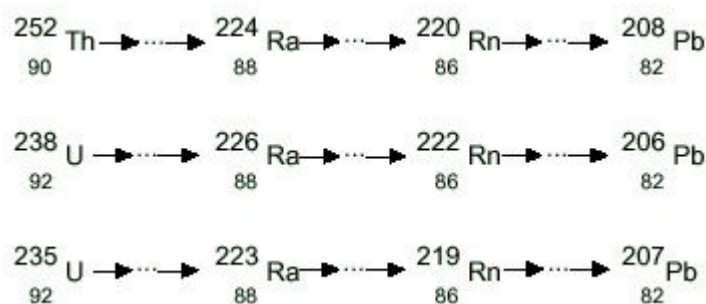


Figura 1. Series radiactivas naturales

La toxicidad del radón es debida a su radiactividad, ya que es un emisor de partículas α (He^{++}) que producen ionizaciones en el seno de la materia celular. Según publicaciones

especializadas de Estados Unidos, el radón es la segunda causa de cáncer de pulmón en este país; solamente el tabaquismo produce más muertes.

Efectos de las radiaciones ionizantes sobre la salud

Dado que, como se ha dicho, el radón genera partículas que producen ionizaciones (es decir, se trata de una contaminación radiactiva), sus posibles efectos sobre la salud estarán relacionados con los de las radiaciones ionizantes con la particularidad de su entrada a través del aire alveolar.

El conocimiento de los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos, se ha obtenido gracias a la experimentación tanto in vivo (animales de laboratorio) como in vitro (cultivos celulares), y también al estudio de las lesiones producidas por las radiaciones ionizantes sobre las personas (exposición a bombas atómicas o lluvia radiactiva, accidente de Chernobil y aplicaciones terapéuticas).

La acción de las radiaciones ionizantes sobre los organismos vivos es de carácter probabilístico y no selectivo; es decir, que la interacción puede o no producirse y que la transferencia de la energía de la radiación no tiene predilección por ningún componente de la célula, sino que puede actuar en cualquiera de ellos.

La energía producida por las radiaciones ionizantes es absorbida por las células muy rápidamente, (en un tiempo de 10^{-7} segundos) causando unas lesiones que no son específicas, es decir, no se pueden distinguir de las causadas por otros agentes físicos o químicos. Estos cambios producidos por las radiaciones ionizantes en las células son siempre de tipo lesivo, suponen una alteración de los procesos normales de las mismas y además no se presentan regularmente de forma inmediata, sino que pueden tardar hasta años en manifestarse. Este tiempo es el que se denomina periodo de latencia.

Mecanismos de acción de las radiaciones sobre las células

Las radiaciones ionizantes actúan sobre las células siguiendo dos posibles mecanismos: la acción directa y la indirecta.

Acción directa

La acción directa se produce como consecuencia de la absorción de la energía de la radiación por la célula directamente a nivel de unas estructuras clave o blanco.

Estas estructuras pueden ser macromoléculas, tales como el ADN, el ARN, enzimas y proteínas, bien estructuras del núcleo (cromosomas, nucleolo, membrana) o orgánulos citoplasmáticos (ribosomas, mitocondrias, membrana celular). La absorción de la energía de la radiación produciría ionizaciones y excitaciones a nivel de estas estructuras que podrían desembocar en un daño celular. (ver las figuras 2 y 3).

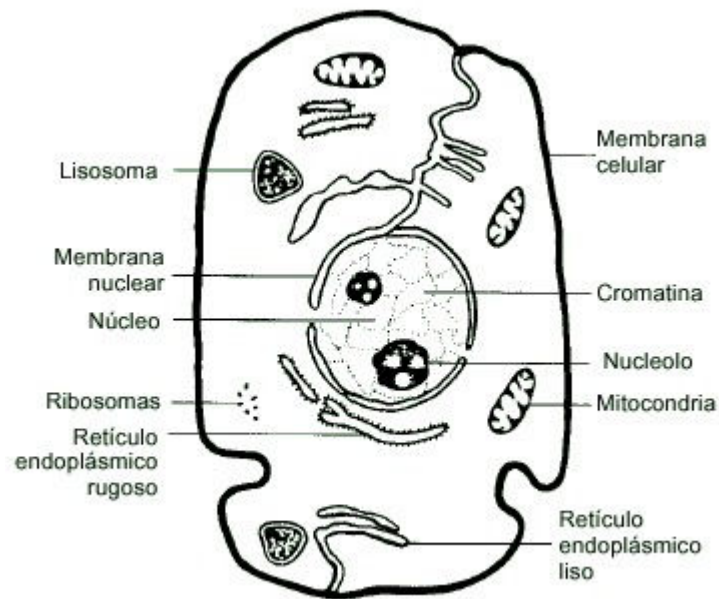


Figura 2

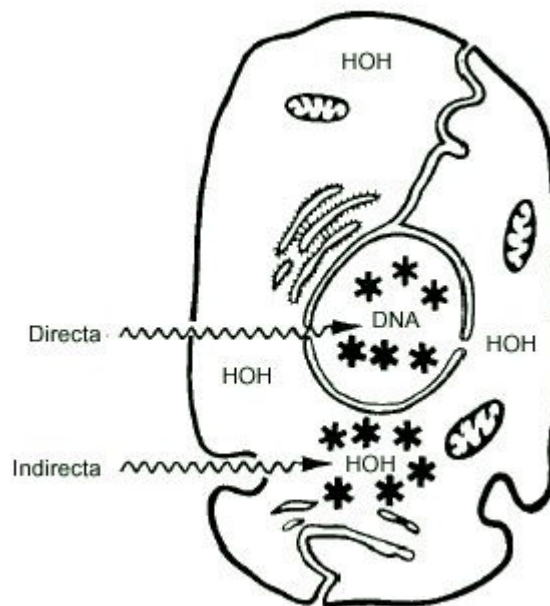
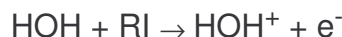


Figura 3

Acción indirecta

La acción indirecta de las radiaciones ionizantes es la absorción de la energía de la radiación por las moléculas de agua, elemento del que están constituidos mayoritariamente la célula y los seres vivos en general. El agua se disocia produciéndose iones y radicales libres muy reactivos, pudiendo reaccionar entre sí o con otros compuestos. Como consecuencia de ello se alteran las propiedades físicas y químicas del medio intracelular, llegándose a interferir los procesos metabólicos normales de la célula.

La absorción de la energía de la radiación ionizante por el agua, se realiza creándose un par de iones HOH^+ y HOH^- según el siguiente esquema:



Los dos iones producidos por las reacciones anteriores son inestables y se rompen rápidamente dando lugar a radicales libres (H^+ y OH^-) que contienen solo un electrón orbital no emparejado, lo que, como se ha dicho los hace fuertemente reactivos. El par de iones puede reaccionar entre sí formando una molécula de agua, con lo cual el efecto sobre la célula será nulo, o bien puede reaccionar químicamente con otras moléculas generando productos dañinos para la célula, como puede ser la formación de agua oxigenada.

El radón como fuente de radiación

La población en general está expuesta a radiaciones ionizantes de origen natural y artificial. Estas últimas, provenientes en su mayoría de actividades médicas, no se van a comentar en esta NTP.

Las fuentes naturales de radiación son la radiación cósmica y de la corteza terrestre, los materiales de construcción, los materiales radiactivos que existen en el organismo y en los alimentos, tales como el carbono 14, el potasio 40 o el tritio.

El radón y el torón son dos gases radiactivos que proceden de la desintegración del uranio y que se encuentran de forma natural en la atmósfera. En España la dosis media procedente del radón es de 1,2 mSv al año, pudiendo alcanzar valores de hasta 40 mSv en determinadas zonas. Estas dosis se reciben sobre todo en el interior de los edificios, ya que en el exterior se dispersa en el aire. El valor medio depende de las características de la zona en la que se viva, de los materiales de construcción empleados y de la ventilación de los locales.

De todas las fuentes naturales de radiación, la más importante es la que proviene de las emanaciones naturales de radón, siendo también la más controlable, pudiéndose evaluar los posibles riesgos derivados de la inhalación de radón y sus descendientes.

Las contribuciones de las distintas fuentes de radiación a la dosis equivalente anual que recibe una población se pueden resumir en la tabla 1. Aunque debe tenerse en cuenta que estos datos pueden variar de unas zonas a otras del planeta, en ella se constata la importancia relativa del radón como fuente radiactiva, además de la relación entre las fuentes naturales y las artificiales.

Tabla 1

Fuentes radiactivas	Proporción del total	Dosis promedio mSv
Fuentes naturales		
Radón	47 %	1200
Interna (K40)	12 %	300
Gamma (Corteza terrestre)	14 %	350
Cósmica	10 %	250

Torón	4 %	100
Total de fuentes naturales	87 %	2.200
Fuentes artificiales		
Tratamientos médicos	12 %	300
Depósitos radiactivos (lluvia, polvo)	0,4%	100
Miscelánea	0,4%	10
Ocupacional	0,2%	5
Total fuentes artificiales	13%	325
Total todas las fuentes	100%	2.525

Según los datos de la tabla, la contribución más importante procede de las fuentes naturales, el 87%, mientras que las radiaciones artificiales contribuyen con un 13%. De todas las fuentes naturales la del radón es casi un 50% de la dosis equivalente total.

Mecanismos de actuación del radón

Los estudios experimentales realizados con animales que han sido irradiados, así como los realizados con personas, que por diversos motivos han sido sometidas a fuertes dosis de radiación, han puesto de manifiesto que las radiaciones ionizantes constituyen un agente cancerígeno. La aparición del cáncer suele ocurrir al cabo de varios años de haber recibido la irradiación, siendo un efecto tardío, probabilístico o estocástico. La probabilidad evidentemente aumenta con la dosis.

Como ya se ha comentado anteriormente, la toxicidad del radón es debida a su radiactividad; al tratarse de un gas inerte no se metaboliza, pero sí puede disolverse en los tejidos. Las partículas α que emite producen ionizaciones en el seno de la materia celular por poseer una gran energía cinética que se disipa en el seno de la misma, mediante la creación de iones, de radicales libres o rompiendo las moléculas clave como puede ser el ADN. Las células irradiadas pueden experimentar modificaciones profundas llegando ser destruidas.

El poder de penetración de las partículas α es muy pequeño; al ser partículas muy pesadas. Si la radiación es externa, pueden ser detenidas por la epidermis que actúa de blindaje para el cuerpo, pero si penetran en el organismo por inhalación, que es lo que ocurre con el radón, quedan detenidas en el tracto respiratorio cuyos tejidos están mucho menos protegidos que otros, pudiendo lesionar o destruir sus células. Si se tiene en cuenta, además, que en un ambiente donde exista radón se encuentran también sus descendientes, que son metálicos y pueden quedar fijados en las paredes del sistema respiratorio, las partículas α que emiten ellos y todos sus descendientes depositan toda su energía en el pulmón, potenciando la acción del radón disuelto en los tejidos del sistema respiratorio, y desarrollando con el tiempo un cáncer de pulmón.

Estudios toxicológicos

Los primeros trabajos que citan la carcinogenicidad del radón en animales (ratas y monos) expuestos por inhalación a concentraciones de $7,5 \times 10^{-7}$ Ci/l ($27,8 \times 10^6$ Bq/m³), fueron realizados en 1943. Los efectos encontrados en estudios posteriores de toxicidad aguda

realizados con los mismos animales durante periodos comprendidos entre tres y siete semanas y con exposición a concentraciones por inhalación de radón comprendidas entre 0,0005 y 0,02 mCi/l ($18,5-740 \times 10^6 \text{ Bq/m}^3$), fueron irradiación de todo el cuerpo, congestión pulmonar y, frecuentemente, parálisis en las extremidades posteriores. Las radiografías revelaron hiperactividad en piel, en los pulmones y en las glándulas suprarrenales.

No existen estudios recientes que relacionen los efectos observados con el estado de equilibrio entre el radón y sus descendientes, no se disponiéndose en consecuencia de una valoración cuantitativa de la relación dosis-efecto.

Estudios epidemiológicos

Los estudios epidemiológicos en los que se basa la asociación entre exposición a radón y cáncer de pulmón, fueron realizados en trabajadores de las minas de uranio, demostrándose en la población minera de varios países una incidencia de cáncer de pulmón 50 veces superior a la de la media de la población no expuesta. Debido a una ventilación insuficiente, la elevada concentración de uranio (y como consecuencia de radio-226), produjo una elevada concentración de radón y sus descendientes que al ser inhalados generaban cáncer de pulmón. Aunque en un principio se asoció el cáncer solamente a la inhalación de materia sólida, posteriormente se constató la importancia del gas en la inducción de la enfermedad. El periodo de latencia de la enfermedad se estableció en 20 años.

Bibliografía

(1) IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER).

Man-made Mineral Fibres and radón.

IARC, Lyon, France, 1998, vol. 43, p. 173-241.

(2) PHILLIPS, P.S., DENMAN, A.R.

radón: a human carcinogen.

Sci. Prog. vol. 80, p. 317-336 (1997).

(3) GARZÓN, L.

Radón y sus riesgos.

Universidad de Oviedo. Servicio de Publicaciones, 1992.

(4) CHOEN, B.L.

Questionnaire study of the lung cancer risk from radón in homes.

Health Phys, vol. 72, p. 615-622 (1997).