

# Sismotectónica – Radón – Ambiente

Francisco Mingorance <sup>(1)</sup>, Sandra Ibáñez <sup>(2)</sup>, Susana Rovira <sup>(3)</sup>, Guillermo Chirino <sup>(4)</sup>,  
María C. Quiroga <sup>(5)</sup>, Alejandra Sebok <sup>(6)</sup>, J. M. Barbagelata <sup>(7)</sup>, Guillermo Arreghini <sup>(8)</sup>,

(1) IMERIS-AGTPS, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, fmingorance@uncu.edu.ar

(2) GRUPO GESTAR, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, sibañez@fing.uncu.edu.ar

(3) GRUPO GESTAR, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, srovira@fing.uncu.edu.ar

(4) LAFARGE-HOLCIM, Planta Capdeville, Argentina, guillermo.chirino@lafargeholcim.com

(5) GRUPO GESTAR, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, mcquiroga@fing.uncu.edu.ar

(6) GRUPO GESTAR, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, asebok@fing.uncu.edu.ar

(7) IMERIS-AGTPS, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, jmbarbagelata@fing.uncu.edu.ar

(8) GRUPO GESTAR, Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, Argentina, guillearreghini@hotmail.com

## Resumen

Las características sismotectónicas, geológicas e hidrogeológicas de la porción norte de la Provincia de Mendoza, en particular de los Distritos El Resguardo y Capdeville (Departamento Las Heras), son potencialmente favorables para la ocurrencia de concentraciones relativamente elevadas del gas radiactivo (de origen natural) Radón.

Se presentan algunos resultados de las mediciones realizadas en el área de estudio, en el marco del Proyecto Sismotectónica – Radón – Ambiente (SPU-UNCuyo 4250).

**Palabras-clave:** gas radón, geología, hidrogeología, sismotectónica, ambiente.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Radón es un gas radiactivo natural que no se puede ver ni oler, y solamente puede ser detectado con equipamiento especial. Es producido por la desintegración radiactiva natural del *radio*, el cual es derivado de la desintegración radiactiva del *uranio*. Este último se encuentra en pequeñas cantidades en todos los suelos y rocas ([Appleton, 2013](#)).

La vida media del radón es de 3.8 días, y su desintegración forma muy pequeñas partículas sólidas radiactivas (polonio, plomo, bismuto), descendientes de vida corta, que pueden irradiar a los tejidos en el tracto respiratorio, favoreciendo el desarrollo de enfermedades muy severas ([OMS, 2015](#)).

La geología ejerce un fuerte control sobre la peligrosidad potencial del radón, de allí que concentraciones relativamente altas de radón están asociadas con ciertos tipos de rocas y depósitos sedimentarios sueltos, y con la presencia de estructuras geológicas particulares, tales como “fallas activas”.

Una vez que el gas radón escapa desde los minerales, su migración hacia la superficie y su acumulación en edificios es controlada por: (1) las características transmisoras del lecho rocoso (superficial y sub-superficial) y del suelo (incluyendo su porosidad y permeabilidad), (2) la naturaleza de los fluidos portadores (dióxido de carbono y agua subterránea), (3) los factores meteorológicos (presión atmosférica, viento, humedad relativa, precipitación), (4) el diseño, construcción y ventilación de los edificios y (5) el ambiente geológico-estructural, sismotectónico e hidrogeológico dominante.

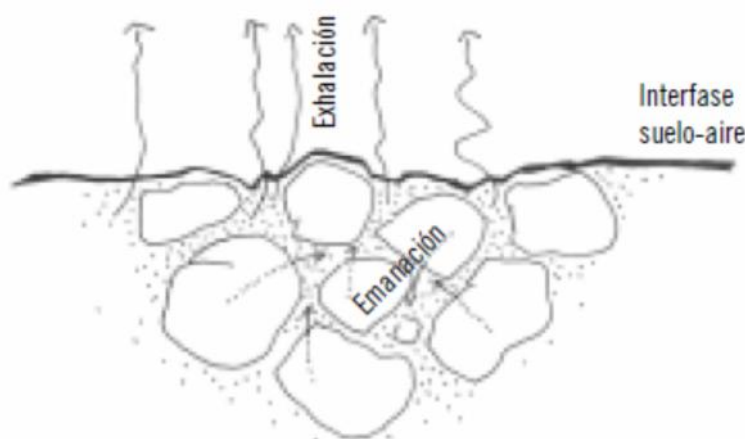
En este contexto, se denomina *Exhalación* al parámetro que pondera la cantidad de gas que deja escapar la roca fuente de radón, y *Emanación* al parámetro que determina el movimiento del radón entre los poros del terreno hasta alcanzar la superficie terrestre (Fig. 1).

Las fallas y fracturas geológicas permiten la transmisión eficiente del gas radón a la superficie, lo que frecuentemente resulta en altos niveles de radón en los gases del suelo.

El radón disuelto en el agua subterránea, por otro lado, puede migrar importantes distancias a lo largo de fracturas y cavernas en ciertas rocas (ej. calizas), dependiendo de la velocidad del flujo del fluido, etc.

El radón en el suelo (o roca) bajo las viviendas, es la mayor fuente de radón en el aire interior y representa el mayor riesgo de enfermedades severas que el radón en agua potable (*OMS, 2015; Appleton, 2013*). La Fig. 2 muestra esquemáticamente cómo entra el radón a una vivienda.

Los niveles de radón en el aire exterior, aire interior, aire del suelo y en el agua subterránea pueden ser muy diferentes.



**Figura 1. Procesos de emanación y exhalación del gas radón (según CSN, 2010).**

## 2. NIVELES DE REFERENCIA

La magnitud con la que medimos la actividad de la radiación producida por la desintegración del núcleo de cualquier elemento radiactivo es el **Becquerel (Bq)**, que indica el número de desintegraciones por segundo del núcleo atómico, en este caso del radón. Para el caso de la concentración de la actividad en un espacio cerrado usamos el bequerel por metro cúbico de aire ( $\text{Bq/m}^3$ ), que expresa el número de desintegraciones por segundo en un metro cúbico de aire.

Estudios recientes en Europa, América del Norte y Asia sobre el radón en interiores y el cáncer de pulmón aportan pruebas sólidas de que el radón provoca un número sustancial de casos de cáncer de pulmón en la población general. El radón es la segunda causa de cáncer de pulmón después del tabaco (*OMS, 2015*).

El nivel nacional de referencia para el radón representa la máxima concentración de radón aceptable en viviendas, y constituye un componente importante de los programas nacionales. Para las viviendas cuyas concentraciones de radón superen dicho nivel, pueden recomendarse o exigirse medidas correctivas.

A la luz de los datos científicos más recientes, la OMS propone un nivel de referencia de **100  $\text{Bq/m}^3$**  para minimizar los riesgos para la salud derivados a la exposición del radón en interiores. Si dicho nivel no pudiera alcanzarse en las actuales circunstancias concretas del país, el nivel de referencia elegido no deberá superar en ningún caso los **300  $\text{Bq/m}^3$**  (*OMS, 2015*).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América recomienda que se tomen medidas para reducir los niveles de radón si la medida anual es de **148 Bq/m<sup>3</sup>** (EPA, 2012), mientras que el Departamento Federal de Salud de Canadá (Health Canada) recomienda tomar acciones efectivas si el nivel de radón en el interior de edificios supera los **200 Bq/m<sup>3</sup>** (Health Canada, 2014).

Los estados miembros de la Comunidad Europea, por otro lado, establecieron niveles nacionales de referencia para las concentraciones de radón en recintos cerrados en los lugares de trabajo. El nivel de referencia (vigente desde el 01 de Febrero de 2018) para el promedio anual de concentración de actividad en el aire no superará los **300 Bq/m<sup>3</sup>**, a menos que esté justificado por circunstancias existentes a nivel nacional (Official Journal of the European Union, 2014).

### 3. MEDICIONES DE RADÓN EN EL NORTE DEL GRAN MENDOZA

Las condiciones geológicas, sismotectónicas e hidrogeológicas dominantes en los Distritos El Resguardo y Capdeville (Departamento Las Heras, Gran Mendoza) son potencialmente favorables para la ocurrencia de concentraciones importantes o elevadas de radón. Allí, desarrollo urbano previo a los códigos de construcción modernos y emplazamientos de plantas industriales complejas y sensibles, se localizan en una condición de “campo cercano extremo” (0 – 500 m) de la falla activa La Cal, una estructura sismogénica vinculada a la ocurrencia del Terremoto de Mendoza de 1861 - Mw 7.0 (Mingorance, 2006), que muestra evidencias de actividad tectónica reciente repetida (Salomon et al., 2013).

Mediciones sistemáticas de los niveles de gas radón en aire (campo libre e interior de edificios) y en agua (subterránea y superficial), en cercanías y a lo largo de la referida fuente sismogénica de Precaución, son realizadas para intentar coleccionar datos básicos necesarios para futuras aplicaciones geo-ambientales (salud) y sismotectónicas (precursor sísmico).

Se realizan mediciones digitales sistemáticas (corto plazo) para intentar cuantificar los niveles de gas radón (en aire) en el interior de edificios privados seleccionados del sectores de campo cercano extremo (Distritos El Resguardo y Capdeville, Departamento Las Heras, Gran Mendoza) expuestos al peligro de ruptura superficial de falla y al peligro sísmico severo, y por ende al peligro geológico-ambiental potencial del Radón.

Paralelamente, se realizan mediciones digitales sistemáticas (corto plazo) para intentar cuantificar los niveles de gas radón (en aire) en campo libre (canteras abandonadas, canteras de áridos, trincheras exploratorias excavadas con fines paleosismológicos, exposiciones geológicas seleccionadas, túneles en roca, sectores afectados por erosión antrópica y subsidencia del terreno, etc.) localizadas a lo largo y en cercanías del trazo de la fuente sismogénica bajo estudio, y en áreas de influencia.

En forma integrada, se realiza un muestreo sistemático localizado de agua subterránea para intentar cuantificar los niveles de gas radón (in situ y laboratorio) en perforaciones activas existentes en cercanías y a lo largo del trazo de la falla La Cal.

La Tabla 1 muestra algunos ejemplos seleccionados de mediciones de gas radón realizadas en el área de estudio desde septiembre de 2017.

## Cómo entra el radón en una vivienda

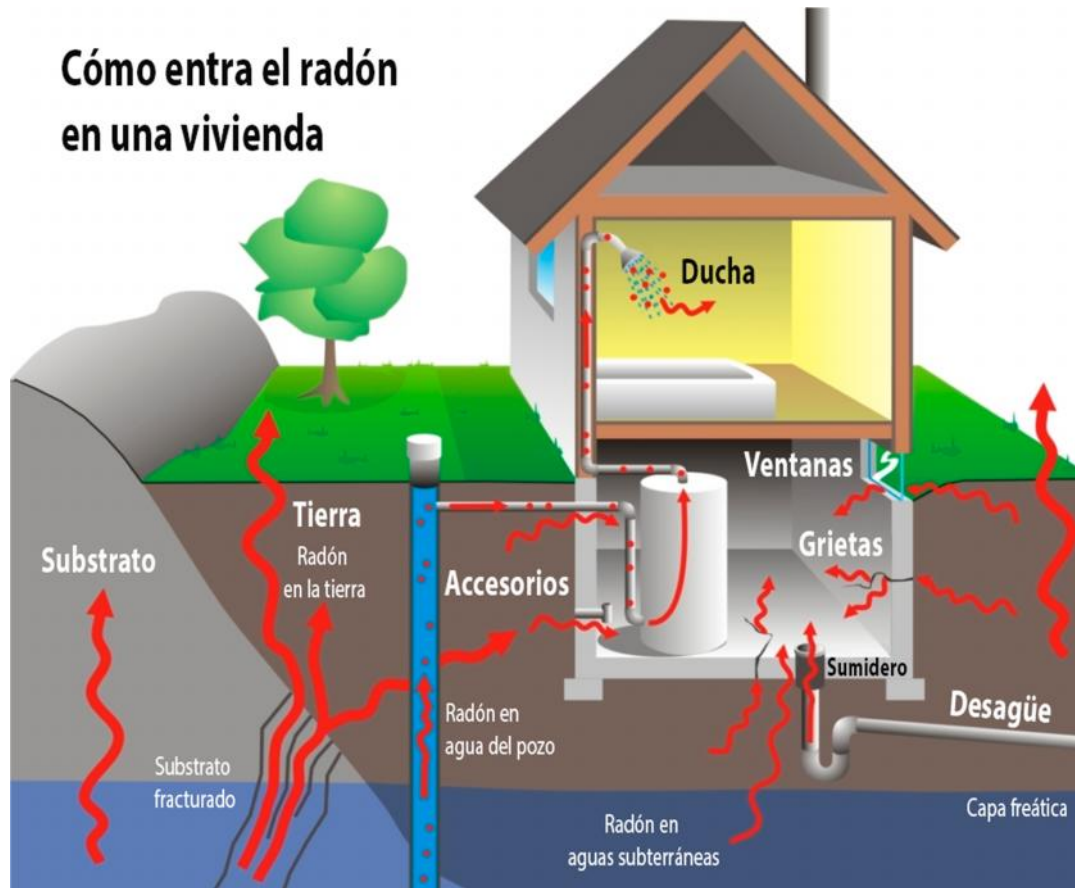


Figura 2. Corte esquemático mostrando las rutas por las cuales el gas radón entra a una vivienda (según *El Paso County Public Health, 2011*).

Tabla 1 – Algunos resultados seleccionados de las mediciones de gas radón realizadas.

Sitio	Aire Interior	Aire Exterior	Agua Superficial	Agua Subterránea
IMERIS-DETI II (Of. 3E4) – 3° piso	<b>17 - 20 Bq/m<sup>3</sup></b>			
Planta Capdeville (Lab) – 2° piso	<b>19 Bq/m<sup>3</sup></b>			
Planta Capdeville (Túnel)	<b>60 Bq/m<sup>3</sup></b>	Se informa circulación de aire interior durante el período de medición		
Cantera Abandonada I		<b>110 Bq/m<sup>3</sup></b>	<b>06 Bq/litro</b>	
Cantera Abandonada II		<b>130 Bq/m<sup>3</sup></b>		
Distrito Capdeville (zona periurbana)				<b>06 - 19 Bq/litro</b>

#### 4. CONCLUSIONES PRELIMINARES

El Proyecto UNCuyo – SPU 4250 es el primer ejemplo conocido, en el norte de la Provincia de Mendoza, de investigación multidisciplinaria basada en mediciones sistemáticas del gas radiactivo Radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) para aplicaciones ambientales y sismotectónicas. El uso del gas radón como Geoindicador (Ambiental - Sismotectónico) es ampliamente conocido en las principales regiones sísmicas, volcánicas y geológicamente inestables (ej. procesos kársticos activos) del mundo. La colección sistemática de datos cuantitativos en el área de “campo cercano extremo” bajo estudio, permitirá avanzar hacia la generación de una base de datos consistente para aplicaciones científicas presentes y futuras, incluyendo a la Geología Urbana y Ambiental.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Empresa HOLCIM por su colaboración con la presente investigación y al Departamento General de Irrigación de la Provincia de Mendoza por el aporte de información sobre las perforaciones para extracción de agua subterránea. La investigación es llevada a cabo en el marco del Proyecto SPU-UNCuyo 4250, financiado por la Secretaría de Políticas Universitarias.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appleton D., (2013). *Radon in air and water*. Essentials of Medical Geology, Revised Edition, Selinus O et al. (eds): Chapter 11, pp. 239-277.
- CSN., (2010). *Protección frente a la inmisión de gas radón en edificios*. Consejo de Seguridad Nuclear de España, Colección Informes Técnicos 24.2010, 78 p.
- El Paso County Public Health., (2011). *Facts about radon in the Pukes Peak Region*. El Paso County Public Health, Colorado Springs, 2 p.
- EPA., (2012). *A Citizen's Guide to Radon*. United States Environmental Protection Agency, EPA402/K-12, 16 p.
- Health Canada., (2014). *Radon – Reduction Guide for Canadians*. Health Canada, Minister of Health of Canada, 34 p.
- Mingorance, F., (2006). *Morfometría de la escarpa de falla histórica identificada al norte del Cerro La Cal, zona de falla La Cal, Mendoza, Argentina*. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61, 4, 620–638.
- Official Journal of the European Union., (2014). *Council Directive 2013/59/EUROATOM*. European Community, Directives, Safety Standard for Protection Against the Dangers Arising from Exposure to Ionising Radiation, 2013/59/EUROATOM., 73 p.
- OMS., (2015). *Manual de la OMS sobre el radón en interiores*. Organización Mundial de Salud, 100 p.
- Salomon, E., Schmidt, S., Hetzel, R., Mingorance, F., Hampel, A., (2013). *Repeated folding during Late Holocene earthquakes on the La Cal thrust fault near Mendoza city (Argentina)*. Bulletin of the Seismological Society of America, 103, 2A, 936-949.