

## Monitoreo de radón en la zona uranífera de Macusani, Región Puno

Susana Gonzáles\*, José Osores, Edith López, Jorge Martínez, Raúl Jara  
Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1460, Lima 41, Perú

### Resumen

La serie del U-238, el Th-232 y el K-40 son los principales radionucleídos de interés. La concentración de esos radionucleidos es variable pero generalmente baja; sin embargo, ciertos minerales que son comercialmente explotables podrían contener radionucleídos de la serie uranio o torio en concentraciones elevadas. El radón es un gas radioactivo natural que es producido por el decaimiento radioactivo del uranio y torio presente en pequeñas cantidades en todos los suelos y rocas. Existen varios isótopos del radón pero el más importante es el radón-222 (derivado del U-238). Se presenta los resultados del estudio de monitoreo de radón en las zonas uraníferas de Macusani de la Provincia de Carabaya, Región Puno, encontrando que en las áreas adyacentes al Cerro Puchini, Río Chaconiza y Plataforma Minera Frontera se encuentran los valores más elevados de Radón 222; sin embargo, estos lugares se encuentran deshabitados, en otros lugares se evidenciaron concentraciones de Radón 222 en niveles naturales.

### Abstract

The U-238, Th-232, K-40 series are among the main radionuclides of interest. The concentration of these radionuclides varies but it is generally low, nevertheless, certain commercially exploitable minerals could contain uranium and/or thorium series radionuclides in high concentrations. Radon is a natural radioactive gas produced by the radioactive decay of uranium and thorium present in small amounts in soils and rocks. There are many radon isotopes but the most important is the Radon-222 (U-238 derived). Radon monitoring studies were performed by the Dirección de Servicios (IPEN), in the uranium reserves of Macusani, province of Carabaya, Department of Puno, found higher values of Radon-222 in areas near Puchini Mountain, Chaconiza River and the Borderline Mining Platform, but they have no population. In other places, concentrations of Radon-222 were found in natural levels.

## 1. Introducción

Los estándares básicos de seguridad para la protección de la radiación ionizante y la seguridad de las fuentes de radiación [1] sostienen que deben cumplirse los requerimientos para todas las actividades que implican exposición a la radiación, incluyendo la radiación que proviene de fuentes naturales.

Estudios geológicos han demostrado la existencia de un importante potencial uranífero en el sur del Perú, especialmente, en los distritos de Macusani y Corani, Región de Puno. Los minerales de uranio constituyen materiales radiactivos que se encuentran naturalmente en la naturaleza [2].

El radón es un gas radioactivo natural que es generado por el decaimiento radioactivo del uranio y torio presente en pequeñas cantidades en todos los suelos y rocas.

Existen varios isótopos del radón pero el más importante es el radón-222 (derivado del U 238). El radón tiene una vida media de 3.82 días. Un producto de decaimiento del uranio 238, es el radón 222. Cuando el gas radón decae produce isótopos como el plomo, bismuto y polonio. Estos elementos también son radioactivos y se impregnan a las partículas naturales del aire de la atmósfera.

Cuando son inhalados por el ser humano pueden adherirse a las paredes del pulmón y otras partes del sistema respiratorio. Estos productos del decaimiento del radón pueden continuar decayendo y emiten partículas alfas que podrían irradiar las células de las paredes del sistema respiratorio.

También es importante conocer las concentraciones del gas radón que emanan del

---

\* Correspondencia autor: sgonzales@ipen.gob.pe

suelo y del ambiente de trabajo sobre todo en el caso de minería subterránea.

El Reglamento de Seguridad Radiológica [3], en su anexo V, ha establecido niveles de actuación para la exposición crónica al radón en aire, en viviendas ( $200\text{-}600\text{ Bq/m}^3$ ) y la acción reparadora en puestos de trabajo es una concentración media anual de  $1000\text{ Bq/m}^3$ .

## 2. Metodología

Las principales vías por las cuales el hombre puede estar expuesto a la radiación son:

- Vía atmosférica: Por inhalación de radón y aerosoles radiactivos.
- Vía terrestre: Debido a la radiación externa e ingestión de productos contaminados.
- Vía acuática: Por la ingestión de agua y alimentos contaminados.

Para el monitoreo de Rn-222 en aire y suelo, el IPEN cuenta con un monitor continuo Alpha Guard PQ 2000 Pro que también mide la radiación natural y otros parámetros como: dosis debida al Rn-222, temperatura, presión y humedad en tiempo real (Figura 1).



**Figura 1.** Equipo Alpha Guard PQ 2000 PRO.

El estudio de campo comprendió las siguientes etapas:

Etapa 1: Evaluación de la zona de estudio, identificando los poblados más representativos y su ubicación (coordenadas GPS) respecto a la zona de exploración minera y las condiciones meteorológicas, tales como: temperatura, presión atmosférica, humedad y altitud. Se eligieron 10 puntos de monitoreo, tomando como punto 10 el distrito de Macusani como base de referencia.

Etapa 2: Medición de la exhalación de radón

(suelos) por una hora en los puntos de muestreo.

Los valores de exhalación de radón en suelos ( $\text{Bq/m}^2 \cdot \text{h}$ ) y de la actividad de radón en aire ( $\text{Bq/m}^3$ ) se llevó a cabo en un área aproximada de  $600\text{ m}^2$  por punto de muestreo, utilizando colectores de  $6 \times 10^{-3}\text{ m}^3$  adaptados al sistema Alpha Guard.

Etapa 3: Mediciones de tasa de exposición (nR/h) en cada uno de los puntos establecidos, utilizando el monitor de radiación marca Technical Associates modelo TBM-3 (Figura 2).



**Figura 2.** Mediciones de tasa de exposición (nR/h).

## 3. Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se muestran los lugares de medición, así como la de otros parámetros considerados, como: altitud, coordenadas geográficas, exhalación de radón del suelo ( $\text{Bq/m}^2\text{h}$ ), actividad de radón en aire ( $\text{Bq/m}^3$ ), tasa de dosis ambiental (nR/h). En la Tabla 2, se observan los valores promedio de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad (%) y presión atmosférica (mbar).

En la mayor parte de los 10 puntos de monitoreo establecidos no hay poblaciones cercanas ni ganado, salvo en Macusani, Corani e Isivilla.

En los puntos de monitoreo 2, 7 y 8 correspondientes al Cerro Puchini, Río Chaconiza y Plataforma Minera Frontera se hallaron valores de 239.36, 86.592, 5062.656 ( $\text{Bq/m}^2\text{h}$ ) que representan los niveles más elevados de exhalación de Radón 222, lo cual es consecuente con los resultados de actividad en aire en un área de  $600\text{ cm}^2$ . Estos lugares se encuentran despoblados. El punto 10, distrito de Macusani, presenta valores de emanación de suelo del orden de 4.292

Bq/m<sup>2</sup>h y en el aire correspondiente al área de 600 cm<sup>2</sup>, de 53.65 Bq/m<sup>3</sup>.

El estudio se ha realizado monitoreando emanación de radón en suelo para lograr obtener concentraciones, habida cuenta que el radón se disipa en ambientes abiertos, razón por la cual, no fue necesario realizar mediciones en aire, a 1.5 metros de altura.

Se demuestra la constitución geológica uranífera en la mayoría de los lugares monitoreados.

#### 4. Conclusiones

Se evidencia concentraciones de Radón 222, debido a la exhalación del suelo, en niveles naturales, en los puntos de medición.

#### 5. Referencias

- [1] Organismo Internacional de Energía Atómica. Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Colección Seguridad N° 115. Viena: OIEA; 1997.
- [2] International Atomic Energy Agency, Radiation monitoring in the mining and milling of radioactive ores. Safety Series N° 95. Vienna: IAEA; 1989.
- [3] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Protección Radiológica. Lima: IPEN; 1997.

**Tabla 1.** Ubicación de los puntos de monitoreo de radón.

Ubicación		Altura msnm	Coordenadas		Exhalación de radón del suelo Bq/m <sup>2</sup> h Promedio	Actividad radón en aire Bq/m <sup>3</sup> Promedio	Tasa de dosis nR/hr Promedio
1	Río Macusani entrada (5 km)	4398	0350311	8441736	28.048	350.60	0.05
2	Cerro Pichuni	4711	0336149	8440358	239.36	2992.00	0.10
3	Plataforma Solex 1	4686	0339893	8439208	59.136	739.20	0.06
4	Riachuelo Camino Macusani	4525	0341029	8438156	29.824	372.80	0.05
5	Plataforma Solex 2	4482	0331716	8463469	6.512	81.40	0.07
6	Plataforma Global SAC	4576	0330206	8455028	28.512	356.40	0.07
7	Campamento IPEN, Río Chaconiza	4352	0320599	8456272	86.592	1082.40	0.06
8	Plataforma minera Frontera	4642	0322661	8461598	5062.656	63283.20	0.15
9	Río Macusani salida (5 km)	4370	0340069	8454339	22.56	282	0.05
10	Distrito de Macusani	4338	0345684	8443508	4.292	53.65	0.06

**Tabla 2.** Mediciones de temperatura (°C), humedad (%) y presión promedio en los puntos de medición de radón.

Puntos de Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura Promedio (°C)	15.6	24.2	18.3	13.7	9.36	22.1	20.2	3.34	22.2	21.3
Humedad Promedio (%)	26.9	13.2	13.8	32.6	36.7	26.8	30.7	74.4	29.5	23.5
Presión promedio (mbar)	802	800	801	802	803	801	801	804	801	801