

## Estudio de línea base radiológico ambiental en las zonas uraníferas de Macusani y Corani, Región Puno: Informe preliminar

Susana Gonzáles\*, José Osores, Edith López, Jorge Martínez, Raúl Jara, Patricia Bedregal, Pablo Mendoza, Marco Ubillús, Blanca Torres

Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1460, Lima 41, Perú

### Resumen

Se presentan los resultados de la evaluación radiológica preliminar de las zonas uraníferas de Macusani y Corani de la región Puno. En 26 áreas de muestreo se colectaron 33 muestras de suelo, agua y sedimento. Las muestras fueron analizadas por activación neutrónica para la determinación de uranio. Las concentraciones de uranio total en suelo varían en un rango de 3 a 18 ppm habiéndose encontrado un valor de 231 ppm. En sedimento los valores varían entre 6 y 7 ppm. Las mediciones de tasa de dosis ambiental (nSv/h) corresponden a valores de dosis de radiación de fondo natural.

### Abstract

In this report the results of a preliminary radiological environmental assessment of the uranium ore deposits of Macusani and Corani in the Department of Puno, Peru are shown. In 26 sampling areas, 33 samples of soil, water and sediment were collected. The samples were analyzed by neutron activation analysis (NAA) for the determination of uranium. The concentrations of total uranium in soil were between 3 and 18 ppm, nevertheless, a value of 231 ppm was found in one sample. In sediment samples, the values were between 7 and 8 ppm. The measurements of environmental dose rate (nSv/h) were in the range of values of natural background radiation dose.

### 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.

Todos los minerales contienen radionucleidos de origen natural terrestre. La serie del U-238, el Th-232 y el K-40 son los principales radionucleidos de interés. La concentración de esos radionucleidos es variable pero generalmente baja; sin embargo, ciertos minerales que son comercialmente explotables podrían contener radionucleidos de la serie uranio y del torio en concentraciones elevadas.

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.

Asimismo, se considera importante conocer la concentración de elementos como el uranio, selenio, manganeso, arsénico, bario, cadmio, cobre, etc. porque pueden brindar datos útiles

sobre la migración potencial de contaminantes y de otros impactos ambientales no radiactivos.

Las mejores prácticas en las actividades productivas comienzan con un estudio de línea base que caracterice el ambiente físico, biológico y social previo al desarrollo de un proyecto. En el caso que la explotación implique la presencia de material radiactivo, el estudio incluirá la evaluación radiológica ambiental. El Ministerio de Energía y Minas, ha dispuesto que el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) emitirá su opinión técnica en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) referentes a la etapa de explotación minera que involucren el hallazgo de uranio y otros minerales radiactivos en cualquiera de sus formas [2].

Habiéndose iniciado las actividades exploratorias en la región Puno, el IPEN también ha iniciado el desarrollo del estudio de línea base radiológico ambiental en las zonas uraníferas de Macusani y Corani, con la finalidad de conocer los niveles de radiactividad natural en componentes ambientales y obtener una base de datos que

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

sirva de referencia para estudios futuros cuando los procesos mineros del uranio conduzcan al incremento de la radiactividad natural existente.

## 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.

Considerando estas premisas se realizó el muestreo de componentes ambientales, geológicas, biológicas e hídricas en el mes de octubre de 2008 en las zonas de Macusani y Corani [3,7].

Los radionucleidos críticos que pueden contribuir a la exposición radiológica de los grupos poblacionales y a la contaminación del medio ambiente son los siguientes: Radio-226, Torio-230, Plomo-210, Polonio-210, entre otros [4, 5, 6]. El estudio de campo comprendió las siguientes etapas:

Etapas 1: Evaluación de la zona de estudio e identificación de puntos de muestreo ambiental en función a su ubicación (coordenadas GPS) y medición de la tasa de dosis ambiental (nSv/h).

Etapas 2: Ejecución del plan de muestreo ambiental, recolección de muestras de suelo, agua superficial, sedimento y vegetación.

Etapas 3: Ubicación de dosímetros termoluminiscentes (TLD) para evaluar dosis ambiental.

Etapas 4: Evaluación radiológica ambiental siguiendo los procedimientos técnicos para el muestreo, acondicionamiento de muestras y de análisis radiométrico para muestras ambientales.

Las muestras de suelo y sedimentos fueron secadas, cernidas y homogenizadas. Las muestras de agua fueron evaporadas hasta un volumen de 200 mL para el análisis por espectrometría gamma y luego reducida a sales para la medición de radiación alfa y beta total. Las muestras vegetales fueron secadas e incineradas. El tratamiento y el acondicio-

namiento de las muestras en las geometrías de medición se llevaron a cabo, siguiendo los procedimientos establecidos, en los laboratorios del Departamento de Control Ambiental del Centro Nuclear "RACSO" (IPEN) [8].

Las muestras ambientales se encuentran en proceso de medición y evaluación radiométrica, según el procedimiento ANSI N42.14-1991 con un nivel de confiabilidad del 95% ( $\alpha=0,05$ ).

La determinación de uranio total se realizó por activación neutrónica por el método  $k_0$ , con una incertidumbre expandida del 95 %, en el laboratorio de Química del IPEN.

## 3. Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se detallan las zonas de colección de muestras de suelo, agua y sedimento, las coordenadas geográficas, la altitud, la tasa de dosis ambiental (nSv/h) y la concentración de uranio total en suelos y sedimento (ppm) y en agua (ug/L). Las concentraciones de uranio total en suelo varían en un rango de 3 a 18 ppm. Se encontró un valor de 231 ppm en muestras tomadas en el fondo de la trinchera QC 1200-11 ubicada en la concesión de una empresa minera. En sedimento los valores varían entre 6 y 7 ppm, mientras que en agua la técnica utilizada no permite determinar valores por debajo de 5 ppm.

## 4. Conclusiones

- a) Las concentraciones de uranio total en suelo varían en un rango de 3 a 18 ppm.
- b) En sedimento los valores varían entre 6 y 7 ppm.
- c) Las mediciones de tasa de dosis ambiental corresponden a valores de dosis de radiación de fondo natural.

## 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: Austria; 1997.
- [2] Agencia Peruana de Noticias, Lima 24 de enero de 2009 (ANDINA): IPEN deberá emitir opinión técnica sobre estudios de impacto ambiental para explotación de uranio.

- [3] International Atomic Energy Agency, Measurement of Radionuclides in food and the environment. Technical Report Series N° 295. Vienna: Austria; 1989.
- [4] International Atomic Energy Agency, Radiation Monitoring in the Mining and Milling of Radioactive Ores. Safety Series N° 95. Vienna: Austria; 1989.
- [5] International Atomic Energy Agency, Monitoring and Surveillance of Residues from the Mining and Milling of Uranium and Thorium. Safety Report Series N° 27. Vienna: Austria; 2002.
- [6] International Atomic Energy Agency, Assessing the need for Radiation Protection Measures in Work involving Minerals and Raw Materials. Safety Report Series N° 49. Vienna: Austria; 2006.
- [7] United States Environmental Protection Agency. Implementation guidance for radionuclides. EPA 816-F-00-002, March 2002.
- [8] Gonzáles S, Osoreo J, Lopez E, Martinez J, Jara R, Anaya A. Informe Radiológico Ambiental 2001 -2004. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Dirección General de Seguridad Radiológica. Lima, Perú, 2005.

**Tabla 1.** Primer reporte del estudio de línea base radiológico ambiental en las zonas uraníferas de Macusani y Corani, Región Puno. Concentración de uranio total en suelo, sedimento y agua (\*).

Áreas de muestreo	Ubicación	Altitud msnm	Coordenadas UTM		Tasa de dosis nSv/h	Muestra	Uranio Total* ppm ó ug/L
			Latitud	Longitud			
1	Minera Solex : Cerro Pichuni- Mac-PL08-03	4720	336154	8440372	328	suelo	11.3 ± 0.8
2	Minera Solex : Platafoma Socya 130°/-50	4650	334905	8439000	288	suelo	17 ± 1 7.1 ± 0.6
3	Minera Solex : Camino a Macusani	4570	337530	8438304	350	suelo	6.1 ± 0.6 5.5 ± 0.4
4	Minera Solex : Bofedal junto al camino	4480	339038	8438096	122	suelo	16.8 ± 1.2
5	Camino a 2 Km de Macusani (Minera Solex)	4447	344795	8440976	257	suelo	3.8 ± 0.3
6	Trinchera IPEN - (Contact Energy Perú S.A.C.)- Corani	4662	322498	8461558	337	suelo	14.0 ± 1
7	Minera Contact Energy Perú S.A.C. Plataforma 5, Distrito de Corani	4662	322521	8461608	316	suelo	15.5 ± 1.1 13.0 ± 2.0
8	Minera Contact Energy Peru S.A.C. fuera de laTrinchera QC 1200-11	4617	323611	8461204	386	suelo	23.0 ± 2
9	Minera Contact Energy Perú S.A.C. dentro de laTrinchera QC 1200-11					suelo	231.0 ± 16
10	Minera Frontera Pacifico Perú S.A.: Calvario 3, Plataforma 4	4523	326325	8461448	350	suelo	9.0 ± 0.6
11	Minera Frontera Pacifico Perú S.A.: Calvario 3, Plataforma 1	4521	326239	8462164	361	suelo	9.2 ± 0.6 9.2 ± 0.6
12	Minera Frontera Pacifico Perú S.A.: Camino de Retorno	4608	324861	8459794	339	suelo	10.1 ± 0.8
13	Chucaconiza : Frente excampamento IPEN	4346	320597	8456276	357	suelo	9.7 ± 0.9
14	Chucaconiza	4367	320597	8456276	357	suelo	5.9 ± 0.4
15	Global Gold Sac: Plataforma 29	4575	330177	8455036	375	suelo	10.8 ± 0.8
16	Global Gold Sac (Colibri 2)	4570	330503	8454978	373	suelo	10.5 ± 0.7
17	Minera Frontera Pacifico Perú S.A.: Calvario 1	4432	331663	8463694	330	suelo	10.5 ± 0.7
18	Minera Frontera Pacifico Perú S.A.: Calvario 1, Plataforma 3	4397	331202	8463826	302	suelo	9.6 ± 0.7 11.3 ± 0.8
19	Minera Frontera Pacifico Perú S.A.: Sayana	4563	336253	8447464	427	suelo	11.8 ± 0.8 10.9 ± 0.8
20	Pueblo Samilia	4280	339308	8450652	383	suelo	18.0 ± 1.3
21	Juliaca	3820	379686	8284724	120	suelo	3.0 ± 0.2
22	Juliaca		379654	8284730	120	agua	< 5
23	Río Macusani -Agua superficial	4330	341146	8438128	320	agua	< 5
24	Río Macusani - Expuesta a las actividades de U		362827	8429098	380	agua	5.9 ± 1.5
25	Río Macusani - Sedimento	4330	343310	84503960	320	sedimento	6.2 ± 0.6
26	Río Macusani - Sedimento		336449	8466547	380	sedimento	7.5 ± 0.2



**Figura 1.** Mediciones de tasa de dosis en la zona uranífera de Macusani.



**Figura 2.** Mapa de zonas estudiadas – Macusani y Corani en la región Puno.