

## **Estudio de la interconexión de filtraciones y surgencias de bocaminas aguas abajo de una mina en Huancavelica**

Jacinto Valencia\*, Enoc Mamani, José Maguiña, Jorge Condori

Dirección de Servicios, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

### **Resumen**

En el presente trabajo se muestran los resultados del análisis isotópicos de O-18 y H-2 en muestras de agua de probable interconexión de filtraciones y surgencias de bocaminas aguas abajo de una mina en Huancavelica. Los resultados hallados nos indica que las aguas de las filtraciones están mezcladas con aguas termales de origen profundo que incrementan los valores isotópicos y adoptan en el diagrama O-18/H-2, la tendencia hacia el campo de las aguas magmáticas, propias de los sistemas geotérmicos; a diferencia de las aguas de surgencias de bocaminas que muestran empobrecimiento isotópico de O-18 y H-2. En el contexto general del área bajo estudio de la mina tiene en consideración los resultados de los análisis isotópicos se concluye que las aguas de filtraciones de mina no tienen relación con las surgencias de las bocaminas, distantes a 8 km aguas abajo.

### **Abstract**

The present work shows the results of isotopic analysis of O-18 and H-2 of water samples with probable interconnection of pithead of leaks and seeps downstream from a mine in Huancavelica. The results found indicates us, that the waters of the leaks are mixed with thermal water of deep origin which increase the isotopic values and adopted in the diagram O-18/H-2, the tendency towards the field of magmatic waters, typical of geothermal systems, unlike upwelling waters pithead showing impoverishment in isotopic O-18 and H-2. In the general context of the study area of the mine relate to expenses incurred in consideration the results of isotopic analyzes concluded that the mine water leaks are unrelated to upwelling of pitheads, distant 8 km downstream.

## **1. Introducción**

Una de las principales actividades que las empresas mineras ejecutan, como parte de su plan de cierre, es la clausura de sus diferentes bocaminas que son construidas con la finalidad de desaguar el interior de la mina y así realizar la explotación de minerales sin generar ningún peligro evitando las inundaciones dentro del interior de la mina[1].

Las técnicas isotópicas absuelven dudas con respecto a la interconexión entre aguas del interior de una mina con las aguas que salen de las bocaminas, en este estudio, se analizan aguas ubicadas a 8 km aguas abajo, con la finalidad de determinar si existe o no interconexión entre ambos tipos de aguas. Se empleó la técnica de isótopos estables para diferenciar ambos tipos de agua, la aplicación de las técnicas isotópicas nos llevan a establecer la relación entre las aguas subterráneas a diferentes niveles de la mina y las aguas circundantes a la mina; en este caso particular para cerrar o no las bocaminas aguas abajo, teniendo en consideración que

los análisis isotópicos permiten investigar la hidrodinámica de las filtraciones a nivel de la mina[2,3].

## **2. Desarrollo experimental**

### *2.1 Materiales y equipos*

- Equipo Espectrómetro Laser LGR, modelo 908-008-2001
- pHmetro
- Conductivímetro
- GPS
- Papel filtro
- Mapas cartográficos
- Envases de 50 ml, para análisis de O-18 y H-2

### *2.2 Metodología*

La metodología empleada aborda el estudio de interconexión de aguas de mina y aguas de bocamina ubicadas a unos 8 km aguas abajo. Las fases del estudio consisten en:

- Delimitación del ámbito del estudio y

---

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

determinación del número de puntos.

- Toma de muestras de aguas superficiales georeferenciadas y registro de parámetros físico-químicos de campo: volumen de 50 ml para análisis de O-18 y H-2. La ubicación de los puntos de muestreo se presentan en la Figura 1.
- Análisis e interpretación de los resultados de análisis de isótopos estables (O-18 versus H-2) mediante diagramas, de acuerdo con el objetivo del estudio.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos de aguas que fueron tomados in-situ en las inmediaciones de la Relavera se muestran en la Tabla 1.

**Tabla1.** Mediciones fisicoquímicas.

(\*) Muestras de agua del interior de la mina.

Nº Mtra	Ubicación	Cond. mS/cm	Temp.°C	TDS gr/l	pH
1	Mina1 (*)	7.77	39.8	3.7	8.0
2	Mina2 (*)	6.9	45.2	3.4	8.2
3	Mina3 (*)	7.0	45.5	3.5	8.0
4	Mina4 (*)	6.9	52.0	3.4	8.7
5	Río	1.7	8.9	0.35	7.3
6	Bocamina1 (**)	5.2	27.5	2.6	8.0
7	Bocamina2 (**)	6.4	28.0	3.2	7.5
8	Bocamina3 (**)	6.7	36.2	3.3	6.9

(\*\*) Muestras de agua en las bocaminas aguas abajo (7 km)

El agua de la zona tiene un pH de 7.5 (río aledaño), la temperatura del agua al interior de la mina es superior a 39 °C y las temperaturas de las aguas de las bocaminas son superiores a 28 °C, pudiendo asumir que pudiera existir una interconexión entre ambas.

#### 3.2 Análisis de isótopos estables

La técnica de aplicación de isótopos estables del (O-18 y H-2) es una práctica importante en los estudios de interconexión de masas de aguas, que nos permite caracterizar si el agua es de río, lago (evaporada), lluvia, geotermal (sobrecalentada) debido al fraccionamiento isotópico que ocurre en el agua y ésta depende de la temperatura y presión atmosférica del ambiente donde se encuentra el agua bajo estudio [3], así como de los cambios de fase a que está sometida.

Los análisis isotópicos por Oxígeno-18 y Deuterio de 8 muestras de agua, han sido

efectuados por la técnica de Espectrometría Laser, en los Laboratorios de Hidrología Isotópica del Centro Nuclear de Huarangal, en Lima.



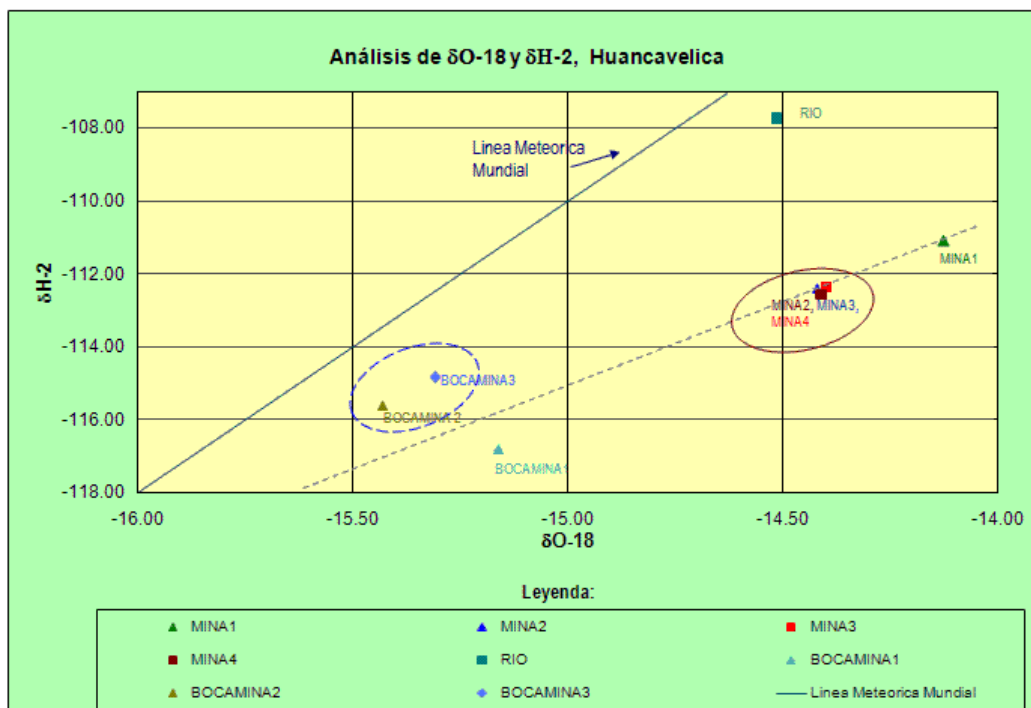
**Figura 1.** Ubicación de puntos de muestreo.

Los resultados de análisis isotópicos se presentan en la Tabla 2 y corresponden a los análisis isótopos ambientales del Oxígeno-18 (O-18) y Deuterio (H-2).

**Tabla 2.** Isótopos estables.

Nº Mtra	Ubicación	O-18 ‰	H-2 ‰
1	Mina1	-14.12	-111.10
2	Mina 2	-14.42	-112.39
3	Mina 3	-14.40	-112.37
4	Mina 4	-14.41	-112.57
5	Río	-14.52	-107.76
6	Bocamina1	-15.16	-116.79
7	Bocamina 2	-15.43	-115.60
8	Bocamina 3	-15.31	-114.84

Los valores obtenidos de O-18 y H-2 muestran que las aguas del interior mina (MINA1, MINA2, MINA3 y MINA4) son aguas que han sufrido evaporación, son aguas termales y por ende sufren evaporaciones enriqueciéndose más en los isótopos pesados del Agua (O-18 y H-2); se observa que las aguas de las bocaminas 1, 2 y 3 no han sufrido tanta evaporación como las aguas de las bocaminas 1, 2, 3 y 4, y se muestran alejadas (Figura 2) entre ambos tipos de aguas.



**Figura 2.** Resultados de análisis de O-18 y H-2.

Si hubiese signos de interconexión, los valores hallados ( $O-18$  y  $H-2$ ) en las aguas de la MINA1, MINA2, MINA3 y MINA4 hubieran sido más positivas que los resultados encontrados en las muestras de BOCAMINA1, BOCAMINA2 y BOCAMINA3, tal como se muestra en la Figura 2; las muestras de agua de mina y bocamina son completamente distintas (aguas mostradas en elipses en la Figura 2).

#### 4. Conclusiones

De acuerdo con los análisis isotópicos realizados en el presente estudio, las aguas de mina y bocamina son aguas distintas por lo que concluimos que no existe interconexión entre ellas por lo que se recomienda la conveniencia del cierre o clausura de la

bocamina, resultados que confirman la gran ayuda que da realizar estudios previos con radiotrazadores para establecer si existe o no interconexiones de aguas de mina y aguas de bocamina.

#### 5. Referencias

- [1] Ministerio de Energía y Minas. Guía para Elaboración y Revisión de Planes de Cierre de Minas. Lima; 2002.
- [2] Valencia J, Mamani E, Maguiña J. Informe de Servicio Tecnológico N° 001-06-APLI/HIIS, IPEN.
- [3] Mook WG. Programa hidrológico Internacional. Isotopos ambientales en el ciclo hidrológico. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2002.