

Estudio de filtraciones de relaves mineros aplicando técnicas de trazadores en minas del Departamento de Cajamarca

Jacinto Valencia⁽¹⁾ jvalencia@ipen.gob.pe; Gerardo Maghella⁽¹⁾ gmaghella@ipen.gob.pe;
Enoc Mamani⁽¹⁾ emamani@ipen.gob.pe; Jorge Condori⁽¹⁾ jcondori@ipen.gob.pe

1) IPEN, Dirección General de Seguridad Radiológica, Dirección de Aplicaciones
Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad determinar la posible conexión entre agua de "bofedales" y filtraciones de agua de mina que afloran en el sector adyacente al bofedal, utilizando la técnica de trazadores radiactivos.

1. Introducción

A fin de mitigar el impacto del cierre de operaciones mineras en el medio ambiente, se requiere conocer la relación entre aguas de manantial con las filtraciones que ocurren generalmente en los depósitos de desmonte de mina. Para ello, la facilidad de detección y contaje de campo de las radiaciones hacen que éstas sean de uso muy frecuente en estudios de hidrología.

Existe una serie de radionucleidos utilizados en estudios de aguas subterráneas. Un factor importante en la selección de trazadores es que tengan alta movilidad al ser inyectados en un medio acuoso, lo cual suele conseguirse utilizándolos en forma neutra o aniónica; con ello se consigue que sean fácilmente detectables en cantidades muy pequeñas y que no perturben las características del flujo de agua subterránea, haciéndolos apropiados para su utilización en estudios hidráulicos locales. La observación del movimiento del trazador con detectores permite conocer in situ la relación y su distribución espacial en las cercanías del lugar de inyección.

La disminución de la radiactividad en función del caudal de agua en circulación hacia el interior del punto de inyección, permite hacer la estimación de la conductividad hidráulica local mediante la ecuación siguiente:

$$C_t / C_0 = e^{-Bt}$$

C_t = concentración de trazador en el punto de inyección en el tiempo t

C_0 = concentración inicial del trazador ($t = 0$)

B = factor, que es constante en condiciones de flujo en régimen permanente.

Para el presente estudio se tuvo en consideración que el movimiento de las aguas subterráneas se desarrolló en un ambiente que correspondió a un sistema fisurado en rocas volcánicas.

2. Ubicación y descripción del área de estudio

Las pruebas con trazadores radiactivos se efectuaron en la parte SE del actual tajo de mina donde hay presencia de afloramientos de agua que drenan de un bofedal que se ubica en la parte alta. Esta agua está expuesta en superficie debido al corte de carretera y la existencia de una cuneta de drenaje de aguas de lluvia que son vertidas a un canal adyacente al bofedal.

En la parte inferior a estos afloramientos de agua se observó material de relleno constituido por desmonte de mineral de baja ley que cubre un antiguo bofedal en media ladera de la vertiente que drena hacia la quebrada; en este sector existen dos filtraciones, una en la galería y otra en el canal adyacente al bofedal, los cuales son puntos de descarga de aguas de mina en los que se tiene como objetivo establecer su relación o no con agua de los bofedales antes citados. (Figura 1).

3. Metodología

La metodología de trabajo aplicada para el presente estudio fue la inyección de un trazador radiactivo en el punto donde se sospechaba que las aguas estaban en relación con las filtraciones cuya conexión se quería investigar y el monitoreo del trazador en los puntos de control (filtraciones) a través de un muestreo sistemático a intervalos de tiempo de 20 minutos la primera hora, luego de 30 y posteriormente cada 60 minutos.

Para el presente estudio, considerando la naturaleza del terreno, se utilizó como trazador Tritio (3H), emisor de radiación Beta y su medida se ha efectuado en laboratorio, debido a que se requiere para la lectura de un acondicionamiento previo de la muestra.

Asimismo, también se han utilizado trazadores fluorescentes a fin de tener un indicador visual de la presencia del trazador.

La zona en estudio está conformada por rocas volcánicas alteradas hidrotermalmente en diverso grado, con producción de arcillas y afectadas por un intenso fracturamiento – fallamiento.

3.1 Inyección del trazador

El lugar seleccionado para la inyección constituía un sector con fracturas que drenan aguas de un bofedal de la parte alta y una cuneta de drenaje de 90 m de longitud, 1 m. de ancho por 2 m. de altura. Por la naturaleza del suelo y tipo de estructuras se dividió el sector en dos tramos.

- **El Tramo-1**

De una extensión 30 m. constituido por rocas muy fracturadas que presentaban dos estructuras abiertas de un rumbo dominante de N 50° E y 85° SE, puntos que fueron utilizados principalmente para la inyección; inyección de 1 Ci de tritio y 250 gr. de rodamina disueltos en un volumen de 50 l. de agua, luego el paso de agua durante tres horas, a fin de inducir el desplazamiento del trazador.

- **El Tramo-2**

De una extensión de 40 m. aproximadamente, es un tramo integrado mayormente por rocas fracturadas y falladas, abundante presencia de material arcilloso, que recubren las paredes de la cuneta y fracturas en el

punto de inyección, se ha utilizado 40 mCi de I-131 y 250 gr. de uranina y luego el paso de agua durante 3 horas.

A fin de evitar posible una mezcla de trazadores en los puntos de inyección por efecto de la gradiente hidráulica, se procedió primero a aplicar el trazador en el tramo 2 y luego en el tramo 1.

3.2 Monitoreo del trazador

Los puntos de monitoreo fueron establecidos en los lugares de afloramientos de agua de mina: galería, zona adyacente al bofedal y la quebrada; el número de muestras tomadas durante el monitoreo y analizadas fueron en total 119.

El Punto 1 de monitoreo: galería, correspondía a una filtración de agua de mina que salía del interior de ésta, con un caudal de 100 ml/ s. aproximadamente.

Punto 2 de monitoreo, correspondía a un afloramiento de agua de mina, que surgía a partir de una fractura en roca volcánica. Durante la realización del monitoreo se observó un incremento de su caudal; se trataba de agua de mina muy dura y cargada de metales disueltos por la interacción agua-mineral (lixiviación) de Fe, Cu, Mn, que le conferían un color marrón oscuro.

Punto 3 de monitoreo, correspondía a la confluencia de aguas de los 2 puntos de muestreo.

3.3 Resultados del monitoreo

Los puntos de monitoreo registraron la salida del trazador inyectado en el tramo 1. Las muestras obtenidas en envases de 70 ml. Fueron analizadas en los laboratorios del Centro Nuclear del IPEN, en un equipo contador automático Beta, Marca: Packard, Modelo: 300C. Los valores de tritio encontrados en las muestras tomadas durante el monitoreo, se describen a continuación:

En el punto 1 de monitoreo, se registró la salida del trazador con valores de 78 cpm., continuando su paso con valores intermitentes hasta alcanzar el máximo valor de 8,877 cpm, para luego descender hasta valores de fondo 19 cpm.

En el punto de monitoreo 2, se registraron valores de 10 cpm y con un comportamiento irregular, alcanzando su valor más elevado de 108 cpm. a las 21:00 h para luego descender con valores fluctuantes hasta alcanzar el fondo de 7 cpm.

En el punto 3 de monitoreo, se registró el paso del trazador con valores de 30 cpm obteniéndose valores fluctuantes, alcanzándose el máximo valor luego de 9 horas de inyección (866 cpm), para luego descender hasta el valor de 57 cpm a las 15 horas de inyección.

De esto se interpreta, que el tiempo de salida del trazador en el 1er. punto de monitoreo fue de 20 minutos, en el 2do. punto de monitoreo 30 minutos y en el 3er. punto en 01 hr. y 5 minutos; explicable por el tipo de estructuras (sistemas fisurados) que se presentan en las rocas volcánicas de este sector, las que se comportan como zonas de conducción hidráulica preferencial.

Con relación al comportamiento y resultados de la inyección del tramo 2, por las características del terreno, como es abundante presencia de arcillas, posiblemente hacen muy difícil el paso del trazador por las estructuras (fracturas) y además por la adsorción y fijación por arcillas para los trazadores inyectados I-131 y uranina.

4. Conclusiones

- El trazador Tritio inyectado en la parte alta del sector y monitoreado en los 3 puntos de control reporta salida del trazador inyectado, lo que indica relación de conexión entre ambos puntos por movimiento de aguas en el subsuelo en sistema fisurado.
- Los valores mas altos del trazador se han registrado en muestras del punto de monitoreo del 1er. punto; esto indicaría su relación directa con aguas de "bofedal", mientras que en el 2do. punto los valores son mas bajos, lo que llevaría a postular la conexión indirecta entre ambos puntos, en consideración con la distancia y/o efecto de mezcla con otros cursos locales de aguas subterráneas.

5. Recomendaciones

- Hacer pruebas con trazadores en otros cursos de agua dentro del ámbito de la mina, sobre todo en la quebrada y establecer o descartar su relación de conexión con filtraciones.

- Investigar en las inmediaciones, otros cursos de aguas que pueden estar aportando al actual tajo y produciendo la interacción agua-mineral con la consiguiente lixiviación de minerales y generación de aguas ácidas de mina.

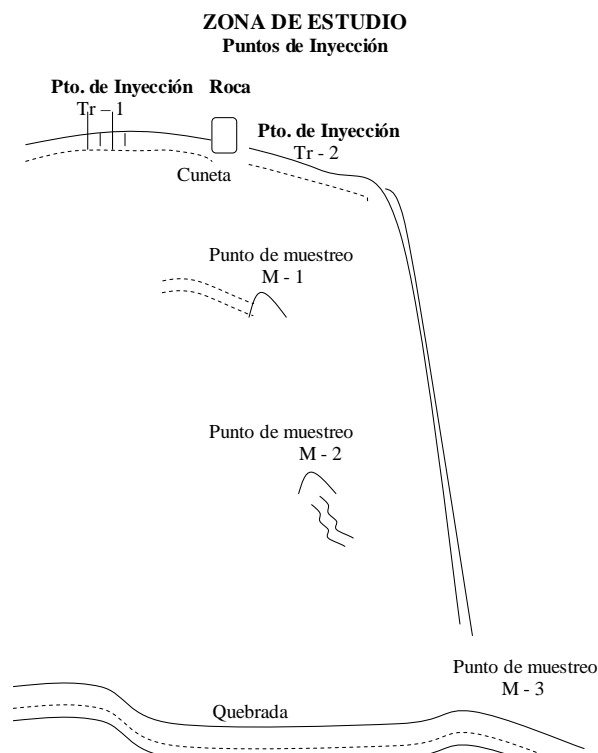


Figura 1. Zona de estudio.

Referencias

- 1) IPEN. Manual de Trazadores. Dirección de Aplicaciones. 2002.
- 2) MAKOEWSKI, P., ZUBER, A. Interpretation of artificial and environmental tracers in fissured rocks with a porous matrix. Isotope Hydrology 1983 (Proc. Symp. Vienna, 1983, IAEA, Vienna (1984).