

Significado del exceso de deuterio en la interpretación de isótopos estables $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ en estudios hidrogeológicos

Jacinto Valencia*

Departamento de Hidrología Isotópica, Instituto Peruano de Energía Nuclear. Av. Canadá 1470 San Borja, Lima

Resumen

Se incorpora un elemento de análisis que ayuda con información en la interpretación de los isótopos estables $\delta^{18}\text{O}$ y deuterio en los estudios hidrogeológicos, denominado exceso de deuterio “ δ ” que en el presente estudio ha sido utilizado para interpretar las condiciones climáticas, temperatura, evaporación, humedad y condición de viento en el momento de la precipitación en la región altiplánica de Puno, las cuales han dado origen a las filtraciones de mina bajo estudio. Los valores obtenidos a partir del cálculo del exceso de deuterio “ δ ” en muestras de agua de filtraciones, están en el orden de +150/00 indicando que las características de la precipitación en la región del altiplano han predominado condiciones de clima desértico, distintas a las actuales; es decir, baja humedad en el momento de la precipitación y que además las aguas de filtración han recibido contribución de aguas embalsadas, evaporadas y que podrían proceder del Lago Titicaca.

Abstract

An analysis element that helps with information on the interpretation of stable isotopes $\delta^{18}\text{O}$ and deuterium in hydrogeological studies is called deuterium excess “ δ ”. In the present study has been used to interpret the weather, evaporation, humidity and wind conditions at the time of the precipitation in the altiplano region of Puno, which have led to leaks of mine under study. The values obtained from the calculation of the deuterium excess “ δ ” of seepage water samples are in the order of +150/00, indicating that the characteristics of the rainfall in the region have dominated high land desert climate conditions, different the current, ie, low humidity at the time of precipitation and further filtering these waters have received contribution of close water basin, evaporated and could come from Lake Titicaca.

1. Introducción

Cuando se abordan estudios hidrogeológicos con aplicación de técnicas isotópicas utilizando isótopos estables ^{18}O y deuterio, un factor importante a tomar en cuenta y que origina el fraccionamiento isotópico de la molécula de agua es la temperatura y qué provoca la evaporación la que tiene lugar en condiciones de no-equilibrio (atmósfera no-saturada), donde el efecto cinético relativo es mayor para el ^{18}O que para el deuterio [1].

Esto nos lleva a considerar que la condición climática influye en la respuesta isotópica de una determinada masa de agua, como sería el caso en nuestro territorio donde clima desértico como en la costa y el altiplano sur, y la extrema humedad en la amazonia, hacen necesario utilizar el factor exceso de deuterio “ δ ”, en la interpretación isotópica.

Con referencia a la Línea Meteórica Mundial (LMM), la evaporación desplaza los valores isotópicos del agua caída en una región a lo largo de una recta de pendiente menor de 8

(entre 4.5 - 5.5) como consecuencia de esto, el exceso de deuterio “ δ ” disminuye y puede llegar a tener un valor negativo.

En el presente estudio, se ha calculado el exceso de deuterio “ δ ” de muestras analizadas por isótopos estables de agua de filtraciones de mina de la región altiplánica de la región de Puno al norte del lago Titicaca de clima desértico.

Así, este comportamiento en cuanto a la génesis del vapor que originó la lluvia [2] indicativo de la condición climática de ese entonces. Tomando en cuenta, que los valores que se utilizan ya tienen un error de análisis, de muestreo y preparación de la muestra para su análisis en el espectrómetro de masas.

2. Metodología

Consiste en la toma de muestras de agua bajo estudio y la utilización de los resultados de los análisis isotópicos ^{18}O y deuterio

*Correspondencia autor: jvalencia@ipen.gob.pe

corresponden a oct-2004, que son obtenidos del espectrómetro de masas; luego se aplica la fórmula de cálculo del exceso de deuterio “ δ ”

$$\Delta D = \delta D - 8\delta^{18}O$$

Obtención del parámetro exceso de deuterio “ δ ” que se obtiene por cálculo a partir de los valores de ^{18}O y 2H , deben corresponder a una misma muestra de agua y no a valores medios, para evitar introducir errores.

La interpretación de la resultados isotópicos de muestras de agua de filtraciones de la mina del altiplano, al norte de la región de Puno, teniendo incorporado los valores

obtenidos del cálculo del exceso de deuterio “ δ ”.

3. Resultados

Para la interpretación de los isótopos estables en estudios de hidrogeología un elemento a tomar en cuenta es el exceso de deuterio “ δ ”.

Los valores de exceso de deuterio “ δ ” obtenidos indican que durante los períodos de precipitación la humedad relativa al interior del continente distante del océano estaba por debajo del nivel medio actual, ya que los valores de “ δ ” de filtraciones son superiores al +10 o/oo (Merlivat y Jouzel, 1979) [3].

Tabla 1. Valores de exceso de deuterio en aguas de filtraciones.

<i>Muestra aguas de filtraciones</i>	<i>O-18</i>	<i>2H</i>	<i>Exceso “δ”</i>	<i>Observaciones</i>
S1 Glaciar	-16.56	-117.8	14.68	Agua de deshielo
S2 Suytococha	-15.16	-112.3	8.98	Laguna somera
S3 Laguna Estancococha	-16.42	-12.10	19.26	Laguna cerrada
S4 Trapiche	-14.46	-110.5	5.18	Agua de río
S6 Antauta	-14.72	-114.5	3.26	Agua de río
G1 Nv. 4200-I	-17.30	-121.8	16.60	Filtrmina
G2 Nv. 4200-D	-17.04	-120.4	15.92	Filtr mina
G3 Nv. 3950-sur	-17.54	-124.8	15.52	Filtr mina
G4 Nv. 3800	-17.14	-121.8	15.32	Filtr agua termal
G5 Nv. 3800 sub nv	-17.15	-22.10	15.10	Filtr agua termal

La interpretación de los valores de exceso de deuterio “ δ ” calculados para las muestras bajo estudio se indican en la Tabla 1, se interpreta que responden a zonas de elevado déficit de humedad en el momento de la precipitación. Esto nos lleva a considerar que las precipitaciones que han dado origen al agua de las filtraciones de mina proceden de masas nubosas condensadas a baja humedad y donde además, la participación de los frentes marítimos tanto atlántico como pacífico han recibido contribución de masas nubosas evaporadas de agua embalsada (como el Lago Titicaca), pero en condiciones climáticas diferentes a la actuales.

En el caso de aguas del frente atlántico y la amazonia, que resultan de sucesivas re-evaporaciones en el proceso de interiorización al continente, no afecta ni

cambia el valor del parámetro exceso de deuterio “ δ ”[4].

El enriquecimiento debido a la evaporación de las gotas de lluvia por debajo de la base de las nubes, es un proceso que resulta efectivo durante los meses templados y secos, cuando los volúmenes de lluvias son pequeños. Esta lluvia parcialmente evaporada se caracteriza por presentar valores de $\delta^{18}O$ relativamente altos, pero con valores de exceso de deuterio “ δ ” ligeramente negativos. Ahora, si en un diagrama $^{18}O/^{2}H$, los valores caen sobre la LMM como en el presente caso, hay un definitivo exceso de deuterio “ δ ” (esto ocurre debido al clima desértico como el altiplano peruano) y determina una menor pendiente (8) cuando se traza la línea de tendencia (Figura 1).

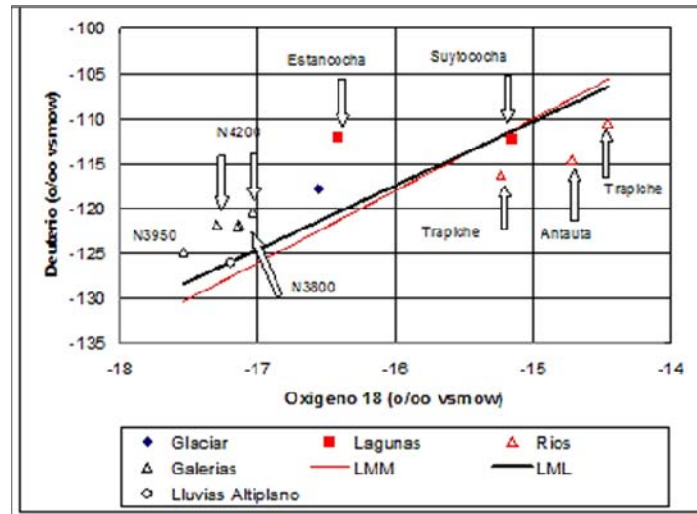


Figura 1. Isótopos estables de filtraciones en mina del altiplano.

4. Conclusiones

Los valores de exceso de deuterio de +15 o/oo de las aguas de filtraciones de mina, indican una precipitación en condiciones de déficit de humedad propio de un clima desértico y que además en las precipitaciones del altiplano hay un componente de aguas evaporadas las que podrían proceder del Lago Titicaca.

La precipitación de aguas oceánicas al interior del continente está afectada por sucesivas re-evaporaciones en el proceso de interiorización como es el caso de la amazonia, sin embargo, esto no afecta el valor del parámetro exceso de deuterio "δ".

Las condiciones climáticas en las que ha tenido lugar la precipitación y que han dado origen a las filtraciones en la mina han sido condiciones climáticas diferentes a las que se tiene actualmente en ésta región.

5. Referencias

- [1] Mook WG, Ed. Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico: principios y aplicaciones. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2002.
- [2] Rindsberger M, Jaffe S, Rahamim S, Gat J. Patterns of the isotopic composition of precipitation in time and space: data from Israeli storm water collection program. Tellus. 1990; 42B:263-271.
- [3] Fisher DA. Remarks on the deuterium excess in precipitation in cold regions. Tellus. 1991; 43(5):401-407.
- [4] Froehlich K, Gibson J, Aggarwal P. Deuterium excess in precipitation and its climatological significance. In: International Atomic Energy Agency. Study of environmental change using isotope techniques. Vienna: Austria; 2002.

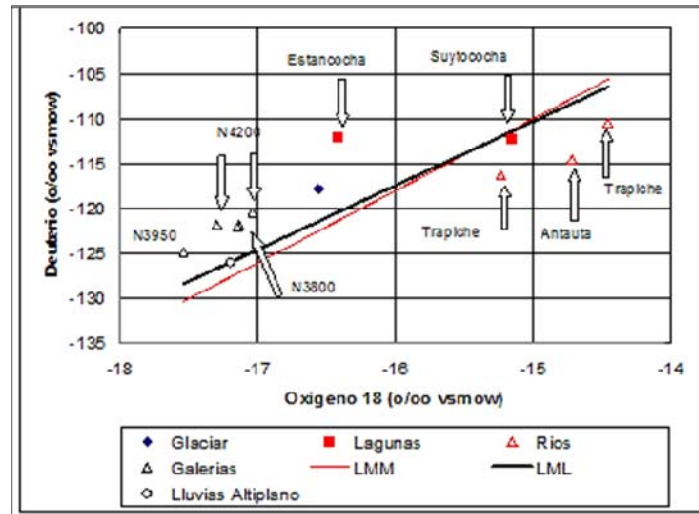


Figura 1. Isótopos estables de filtraciones en mina del altiplano.

4. Conclusiones

Los valores de exceso de deuterio de +15 o/oo de las aguas de filtraciones de mina, indican una precipitación en condiciones de déficit de humedad propio de un clima desértico y que además en las precipitaciones del altiplano hay un componente de aguas evaporadas las que podrían proceder del Lago Titicaca.

La precipitación de aguas oceánicas al interior del continente está afectada por sucesivas re-evaporaciones en el proceso de interiorización como es el caso de la amazonia, sin embargo, esto no afecta el valor del parámetro exceso de deuterio “ δ ”.

Las condiciones climáticas en las que ha tenido lugar la precipitación y que han dado origen a las filtraciones en la mina han sido condiciones climáticas diferentes a las que se tiene actualmente en ésta región.

5. Referencias

- [1] Mook WG, Ed. Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico: principios y aplicaciones. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2002.
- [2] Rindsberger M, Jaffe S, Rahamim S, Gat J. Patterns of the isotopic composition of precipitation in time and space: data from Israeli storm water collection program. Tellus. 1990; 42B:263-271.
- [3] Fisher DA. Remarks on the deuterium excess in precipitation in cold regions. Tellus. 1991; 43(5):401-407.
- [4] Froehlich K, Gibson J, Aggarwal P. Deuterium excess in precipitation and its climatological significance. In: International Atomic Energy Agency. Study of environmental change using isotope techniques. Vienna: Austria; 2002.