



Determinación de la altitud de recarga de las aguas subterráneas en la cuenca del río Cañete mediante isótopos estables Oxígeno-18 y Deuterio

Jacinto Valencia Herrera

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

RESUMEN

En base a los resultados de análisis de isótopos estables $\delta\text{O}-18$ y $\delta\text{H}-2$ por espectrometría láser de muestras de agua de manantiales; por la similitud con la composición isotópica de las precipitaciones, el carácter conservativo de estos isótopos en altura, se han obtenido valores del “efecto de altitud” y la identificación de la zona de recarga para el área en estudio. Las muestras fueron recolectadas en la parte alta de la cuenca del río Cañete (3490-4300 m.s.n.m.) alcanzando una diferencia de altitud del área de muestreo de 800 m. Los valores isotópicos presentan similares características que el agua de lluvia en fraccionamiento y desviaciones sistemáticas δ con respecto a la altitud y procesos de evaporación-condensación previos a la infiltración. Los resultados isotópicos han servido para la interpretación y obtención de la altura a la que tiene lugar la recarga del hidrosistema.

El “efecto de altitud” del sector bajo estudio es del orden de -0.45 ‰ para el $\delta\text{O}18$ y de -3.30 ‰ para el $\delta\text{H}2$ por cada 100 m de altitud. De acuerdo con estos valores, la zona de recarga ha sido obtenida en estos diagramas, la que está ubicada entre los 3600-4350 msnm, zona de la cuenca donde se producen las mayores precipitaciones en forma líquida; indicando asimismo su vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas.

Palabras claves: isótopo, fraccionamiento, precipitación, línea meteórica, recarga, altitud

ABSTRACT

Based on the results of stable isotope analysis $\delta\text{O}-18$ and $\delta\text{H}-2$ by laser spectrometry of water samples from springs; due to the similarity with the isotopic composition of the precipitations, the conservative character of these isotopes in height, values of the “altitude effect” and the identification of the recharge zone for the area under study have been obtained. The samples were collected in the upper part of the Cañete river basin (3490-4300 m.a.l.s.), reaching a difference in altitude of the sampling area of 800 m. The isotopic values have similar characteristics as rain water in fractionation and systematic deviations δ with respect to altitude and evaporation-condensation processes prior to infiltration. The isotopic results have served to interpret and obtain the height at which the recharge of the hydrosystem takes place.

The “altitude effect” of the sector under study is of the order of -0.45 ‰ for $\delta\text{O}18$ and -3.30 ‰ for $\delta\text{H}2$ per 100 m of altitude. According to these values, the recharge zone has been obtained in these diagrams, which is located between 3600-4350 masl, area of the basin where the highest rainfall in liquid form occurs; also indicating its vulnerability to groundwater contamination.

Keywords: isotope, fractionation, precipitation, meteoric line, recharge, altitude

INTRODUCCIÓN

La molécula de agua es una mezcla de 18 compuestos posibles derivado de los tres isótopos que

presenta cada uno de sus átomos; de estos isótopos, del oxígeno y el hidrógeno presentes en la molécula de agua, solo tres son de interés en hidrogeología: $H_2^{16}O$, $HD^{16}O$ y $H_2^{18}O$.

En la naturaleza, los isótopos estables $\delta^{18}O$ y δ^2H son afectados por las desviaciones isotópicas sistemáticas δ en contenido de una muestra de agua, respecto a un patrón que se expresa en o/oo (SMOW, V-SMOW, SLAP), debido a que los procesos de evaporación y condensación originan ligeros fraccionamientos en estas especies, razón por la cual ambos isótopos resultan ser indicadores de la altitud de infiltración del agua de lluvia y la recarga de las aguas subterráneas, constituyéndose en trazadores naturales [1]

El presente estudio se enfoca en la cuenca alta del río Cañete, ubicada a 120 km al sur de Lima (Fig-

ura 1) de curso permanente, extensión de cuenca de 219 km desde la línea de costa hasta los 5800 m.s.n.m. en sus nacientes, agua utilizada en diversos usos.

La información de campo ha sido obtenida de la recolección de muestras de agua de manantiales y surgencias y el levantamiento de información hidrogeológica de la parte alta de la cuenca en el mes de mayo del 2014. Fisiográficamente pertenece a la vertiente del Pacífico con pendiente de moderada a alta, el substrato lo constituyen rocas de diversa composición como granitos en la parte baja, volcánicos en la parte media y formaciones calcáreas en la parte alta, estas últimas afectadas por fenómeno cárstico y son huéspedes de mineralización.

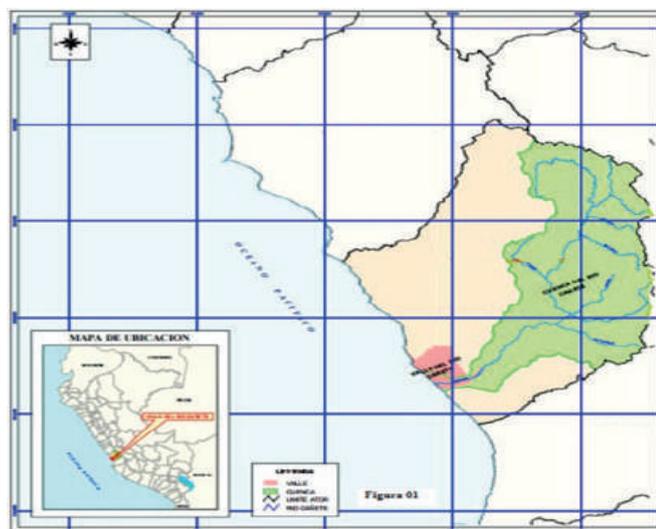


Figura 1. Ubicación del área de estudio y zona de influencia de la cuenca del río Cañete

El relieve abrupto de la cuenca origina variación en la composición isotópica con relación a la altura (efecto orográfico), lugar donde se producen tanto precipitaciones como surgencias de agua, información de base para obtener las características de éste hidrosistema.

MATERIAL Y MÉTODO

Para el estudio se ha contado con información de campo de la parte alta de la cuenca del río Cañete, entre los 3490-4300 m.s.n.m., donde se ha efectuado el inventario de manantiales y surgencias de las cuales se tomaron 06 muestras de agua para su análisis isotópico e interpretación (esto a falta de información isotópica de agua de lluvias de la zona), la que se complementa con información

hidrogeológica y mediciones de parámetros físico-químicos de campo.

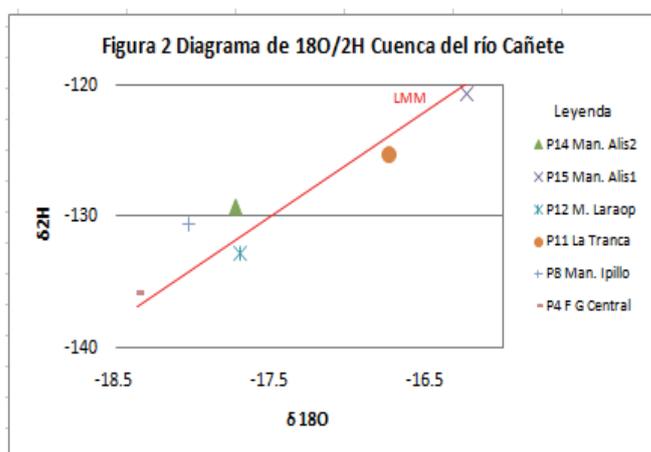
La Tabla 1. muestra los resultados de análisis isotópicos efectuados por espectrometría Laser LGR en los laboratorios de IPEN y, utilizados para elaborar el diagrama Oxígeno-18 vs Deuterio ($\delta^{18}O$ / δ^2H) en relación con la Línea Meteorológica Mundial (LMM) que permite interpretar el carácter isotópico de las aguas bajo estudio (Figura 2), luego, estos valores isotópicos junto con la altitud a la que fueron tomadas las muestras se han utilizado para elaborar los diagramas que muestran la altura a la que ocurre la recarga de los manantiales bajo estudio. Los diagramas de la Figuras 3 muestran la línea de tendencia de la al-

titud y la desviación δ de los isótopos Oxígeno-18 y Deuterio y, en base a la relación gráfica se ha obtenido el valor del “efecto de altitud” de las muestras de agua de los manantiales.

La metodología y técnica aplicada constituye una importante herramienta en hidrogeología para abordar estudios de aguas subterráneas en base a manantiales de altura, en el presente estudio.

Tabla 1. Resultados de isótopos estables, cuenca del río Cañete.

Código de Muestra	Coordenadas (UTM)	Altitud (msnm)	Isótopos estables	
			$\delta^{18}O$	δ^2H
P14 Man. Alis2	N8644091 E416513	3493	-17.73	-129.33
P15 Man. Alis1	N8643306 E415531	3560	-16.24	-120.65
P12 M. Laraop	N8633235 E417003	3746	-17.7	-132.74
P11 La Tranca	N8631887 E418899	3948	-16.73	-125.42
P8 Man. Ipillo	N8630827 E427342	4347	-18.03	-130.56
P4 F G. Central	N8640303 E423519	4132	-18.36	-135.82



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones en la cuenca del río Cañete no son uniformes, en la parte alta, cabecera de cuenca con alta precipitación, aguas subterráneas con un tiempo de tránsito corto para aflorar, se comportan como un componente directo en la formación de flujos de los hidrosistemas [2]. En la parte baja, con un mayor tiempo de tránsito y menor aporte por precipitación local; pero afectadas por mezcla, estas aguas resultan tener un comportamiento menos representativo por la posible conexión de diferentes flujos de aguas subterráneas.

En cuanto a la composición isotópica del oxígeno y del hidrógeno del agua, en referencia a la mayoría de los ríos del mundo, se conoce que sus valores se aproximan a la Línea Meteorológica Mundial (LMM) por la similitud del contenido isotópico de la precipitación y de las aguas subterráneas de las partes altas de una cuenca. Estas reflejan en

buena medida la composición isotópica observada en la precipitación de la zona [3]. Por tanto, debido a que la evaporación de las aguas superficiales en altura no es eficiente no resulta mayormente afectada su composición isotópica, ayudado por su carácter conservativo, atribuyéndose una similitud isotópica entre aguas de lluvia y aguas de manantiales [4].

La cuenca bajo estudio constituye una transecta donde se puede apreciar como el efecto altitudinal y de continentalidad (orografía) debido a la Cordillera de los Andes, influye en la variación de la temperatura y con ello afectar el contenido isotópico del vapor de agua condensado, que luego por la precipitación se infiltra en el subsuelo pasando a formar las aguas subterráneas, permitiendo en las zonas de surgencias determinar con cierta aproximación la altura a la que ocurrió su recarga [3].

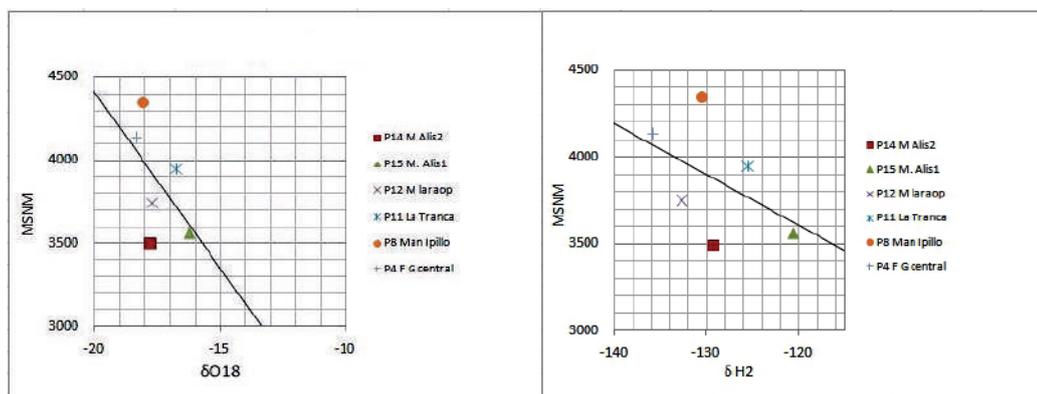


Figura 3. Efecto de altitud a partir de la variación $\delta^{18}O$ y δ^2H en la cuenca del río Cañete

En ésta cuenca, los manantiales de la zona de altura, arriba de los 3500 m.s.n.m. se originan en zonas de alta cordillera en donde se produce la recarga de la mayoría de acuíferos.

De acuerdo a estudios precedentes, los valores del efecto de la altitud establecidos en aguas subterráneas están dentro del rango establecido de -0.15 a -0.5 para el $\delta^{18}O$ y para el δ^2H de -1 a -4 ‰ por cada 100 de altitud[3]

En nuestro estudio el “efecto de altitud” en la cuenca del río Cañete en base a la marca isotópica que presentan los manantiales en su parte alta y ubicados a diferente altitud, se han obtenido valores de -0.45 ‰ para el $\delta^{18}O$ y de -3.30 ‰ para el δ^2H por cada 100 m. de altitud (Figura 3). Con estos valores obtenidos, se ha determinado el parámetro fundamental del hidrosistema, la altura a la que tiene lugar la recarga [5], que en la zona de estudio está entre 3600 a 4350 m.s.n.m., parte de la cuenca donde se producen las mayores precipitaciones en forma líquida y con una composición isotópica más ligera de $\delta^{18}O$ y δ^2H .

CONCLUSIONES

Con la técnica isotópica aplicada en agua de manantiales de la parte alta de la cuenca del río Cañete se han obtenido valores de “efecto de altitud” de -0.45 ‰ para el $\delta^{18}O$ y -3.30 ‰ para el δ^2H por cada 100 m. de altitud, la recarga de manantiales está comprendida entre 3600-4350 m.s.n.m.

El estudio de “efecto de altitud” permite además identificar las zonas vulnerables tanto a la contaminación como en el funcionamiento de los hidrosistemas a nivel de cuenca hidrológica.

REFERENCIAS

- [1] Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Estudio isotópico de las aguas subterráneas en la isla de la Palma. Madrid, 1993
- [2] S. Castañeda, T. García, L. Fernandez. Isotope techniques application in understanding the recharge process of the Davao city acuífers. Extended synopsis, Topic Hydrology, IAEA-CN-118/94P
- [3] L. Gonzales H. L. Sánchez D. Las técnicas isotópicas, una herramienta eficaz para el diagnóstico y evaluación de las aguas subterráneas. Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA, 1992
- [4] Clark ID, Fritz P. Environmental isotopes in hydrogeology Lewis Publishers of CRC Press, N. York, 1997
- [5] M. Arellano A, L. Morelio L, A. Suri H. Efecto de altitud del $\delta^{18}O$ en zona de articulación de llanura criptocárstica con carso de montaña. I Taller internacional sobre cuencas experimentales en el karst. Matanzas, Cuba, 6-11 abril, 1992.