

# RESULTADOS DE LOS ISÓTOPOS AMBIENTALES O-18 y DEUTERIO EN AGUAS TERMALES DE “BORATERAS”

Valencia J. <sup>(1)</sup> [jvalencia@ipen.gob.pe](mailto:jvalencia@ipen.gob.pe)

(1) Dirección de Aplicaciones – IPEN / Lima, Perú

## RESUMEN

Como una alternativa a fin de mitigar la contaminación por aguas termales en la cuenca alta del río Maure departamento de Tacna, zona altoandina del sur del Perú, se postula una solución, con el aprovechamiento de la energía geotérmica y generación eléctrica mediante pozos de explotación geotérmica que permitiría disminuir la presión en el reservorio y consecuentemente bajar el flujo natural de aguas termales de los manantiales con los elementos contaminantes Boro y Arsénico. Los isótopos ambientales indican la existencia de recarga en el posible sistema geotérmico, asegurando su aprovechamiento y permitiendo la descontaminación de las aguas termales y superficiales destinadas al abastecimiento para el departamento de Tacna.

## ABSTRACT

As an alternative in order to mitigate the contamination for thermal waters in the high basin of the river Maure department of Tacna, area altoandina of the south of the Peru, a solution is postulated to mitigate the contamination, with the use of the geothermal energy and electric generation by means of wells of geothermal exploitation that would allow lower the pressure in the reservoir and consequently to lower the natural flow of thermal waters of the springs with the elements polluting Boron and Arsenic. The environmental isotopes indicate the recharge existence in the possible geothermal system, assuring their use and allowing the decontamination of the thermal and superficial waters dedicated to the supply for the department of Tacna.

## 1. ISÓTOPOS AMBIENTALES

Los isótopos ambientales  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta\text{D}$  integran la molécula de agua y son sensibles a los efectos de latitud, altitud y temperatura[1] los isótopos son de mucha importancia en la solución del problema de caracterización isotópica de aguas

termales, sobre todo en la interacción agua-roca a alta temperatura [2], procesos físico-químicos, y mezcla, que permiten determinar el funcionamiento del sistema geotérmico de “Borateras”.

## 2. COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE LAS AGUAS TERMALES

Para el presente estudio se han utilizado resultados de muestreo de aguas termales Oxígeno-18 y H-2 (deuterio), analizados en los laboratorios del OIEA, en la actualidad se dispone del inventario de las manifestaciones geotérmicas y los puntos establecidos para el monitoreo de la zona en estudio principalmente en la zona de descarga del posible sistema geotérmico, así como de una base de datos, lo que ha permitido obtener e identificar el origen de la zona de recarga. Igualmente determinar los puntos de más alta gradiente térmica en superficie, originados por el flujo térmico y poder recomendar estudios posteriores.

Los resultados isotópicos del presente estudio han sido representados en el Diagrama  $\delta^{18}\text{O} / \delta\text{D}$ . De este diagrama se puede interpretar que hay tres comportamientos isotópicos:

- Agua de río y manantiales fríos, con un carácter de agua meteórica y que en el diagrama están ubicadas próximas a la línea de agua meteórica, son originadas por los aportes de aguas de lluvias recientes que alcanzan una rápida escorrentía y/o una pobre infiltración con valores de ( $\delta^{18}\text{O} - 15.37$ ,  $\delta\text{D} - 116.48$  y  $\delta^{18}\text{O} - 15.55$ ,  $\delta\text{D} - 116.61$ ).
- Aguas termales, ubicadas en el diagrama en la línea de aguas geotérmicas que se agrupan en dos sectores GT-4, GT-6, GT-13 de Putina Chica, y dentro de este mismo alineamiento un tanto más distante con una composición isotópica y geoquímica diferente, la muestra de Putina Grande GT-3.
- Aguas enriquecidas en isótopos O-18 y H-2, correspondientes a muestras del

sector Putina Grande, y la laguna Vilacota, distante 15 km del área de "Borateras"

Las muestras de aguas termales de "Borateras" sector de Putina Chica GT-4, GT-5 correspondientes a los puntos de mayor descarga con una composición ( $\delta^{18}\text{O}$  -11.18,  $\delta\text{D}$  -104.31 y  $\delta^{18}\text{O}$  -10.90,  $\delta\text{D}$  -100.85), se interpreta como aguas geotérmicas de origen profundo de alta temperatura y afectadas por mezcla con aguas sub-superficiales, su comportamiento geoquímico, con alta concentración de Cloro (2,237 mg/l), Litio (16.96 mg/l) y elementos contaminantes, Boro (99.00 mg/l) y Arsénico (18.08 mg/l), estas aguas termales presentan características de "aguas andesíticas" [3] aunque con empobrecimiento isotópico.

Con respecto al comportamiento del sector Putina Grande, situado a tres kilómetros del anterior, muestra un comportamiento distinto al de Putina Chica con valores isotópicos de  $\delta^{18}\text{O}$  - 3.50,  $\delta\text{D}$  -85.12 indicando dos posibilidades, enriquecimiento atribuido a la interacción agua-roca en profundidad o tratarse de un sistema convectivo diferente y más superficial con valores isotópicos parecidos a muestras de agua de la laguna Vilacota, GT-21 y GT-22 ( $\delta^{18}\text{O}$  -2.13,  $\delta\text{D}$  -49.44  $\delta^{18}\text{O}$  -2.22,  $\delta\text{D}$  -49.10), lo que nos indicaría el origen de la recarga del sistema.

### 3. CONCLUSIÓN

La recarga para el área de "Borateras" estaría en la cuenca de la Laguna Vilacota y nacientes del río Maure, constituida por aguas que se infiltran según el patrón estructural; así para Putina Chica con una circulación profunda y con participación de aguas magmáticas, interacción agua-roca a alta temperatura y mezcla con aguas sub-superficiales y alta concentración de cloro y litio y elementos contaminantes. La misma recarga tiene Putina Grande aguas que se infiltran, pero con un circuito de convección más superficial, de menor temperatura no afectado por mezcla de aguas y menor concentración sobre todo en elementos de B y As (0.24, 0.02 mg/l).

Por lo tanto el origen de las aguas geotérmicas de "Borateras" provendrían según la correlación isotópica y la dirección de flujo a partir de agua de la cuenca alta del río Maure (nacientes) y laguna Vilacota, por tener condiciones hidrogeológicas y

una dirección de flujo controlada por la estructura.

### 4. REFERENCIAS

- [1]. Arnórsson S. Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration development and use. IAEA, Vienna 2000.
- [2]. IAEA. Isotope and geochemical techniques applied to geothermal investigations. IAEA-TECDOC-788., february-1995.
- [3]. IAEA. Estudios geotérmicos con técnicas isotópicas y geoquímicas en América Latina. IAEA-TECDOC-641. March - 1992.

DIAGRAMA ISOTOPOS O-18-H-2

