

IDENTIFICACIÓN DE MEZCLAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MANANTIALES HIDROTÉRMICOS MEDIANTE Br^-/Cl^- Y B/Cl^-

Pablo Hernández Morales¹, Jobst Wurl², Carlos Green Ruiz³ y Diego Morata⁴

¹ Departamento de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, pa.hernandez@uabcs.mx

² Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Baja California Sur, jwurl@uabcs.mx

³ Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, cgreen@ola.icmyl.unam.mx

⁴ Departamento de Geología y Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, dmorata@ing.uchile.cl

Introducción

Por su belleza natural paisajística, Bahía Concepción conserva un alto interés de desarrollo turístico. Lo anterior, inducirá a la necesidad de recursos hídricos y energéticos, cuyos usos deben garantizar la conservación y el funcionamiento natural de la bahía. En el área, se reconocen manantiales hidrotérmicos (Prol-Ledesma et al., 2004), los cuales podrían solventar parte de la necesidad energética. El objetivo de este estudio fue caracterizar las condiciones hidrogeoquímicas del agua subterránea, así como sus condiciones de mezcla de miembros extremos mediante relaciones de Br^-/Cl^- y B/Cl^- en la zona costera.

Localización y muestreo

El área se encuentra en la porción centro-este de Baja California Sur (Figura 1). Se recolectaron 21

muestras de agua para su análisis, obteniendo sus parámetros fisicoquímicos y su concentración de iones mayores, mediante cromatografía iónica y espectrofotometría de absorción atómica.

Resultados y discusión

La caracterización hidrogeoquímica indicó dos tipos de agua predominantes; $\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$ para los sitios con mayor aporte de agua subterránea y $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ para los sitios cercanos a la costa, que presentaron mezcla con agua marina, como lo indica su relación $\text{Br}^- - \text{Cl}^-$ respecto a la relación del agua de mar (Figura 2). En Santispac, La Posada y Agua Caliente (CB14, CB15, CB16), la salinidad fue mayor a 21 UPS y temperaturas arriba de 50 °C, estos corresponden a manantiales termales intermareales, descritos como mezcla de agua termal y agua marina.

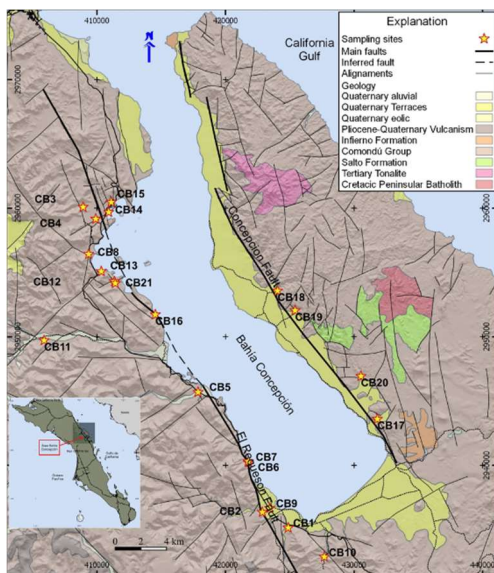


Figura 1. Sitios de muestreo y geología generalizada (Tomado de Hernández-Morales et al., 2021).

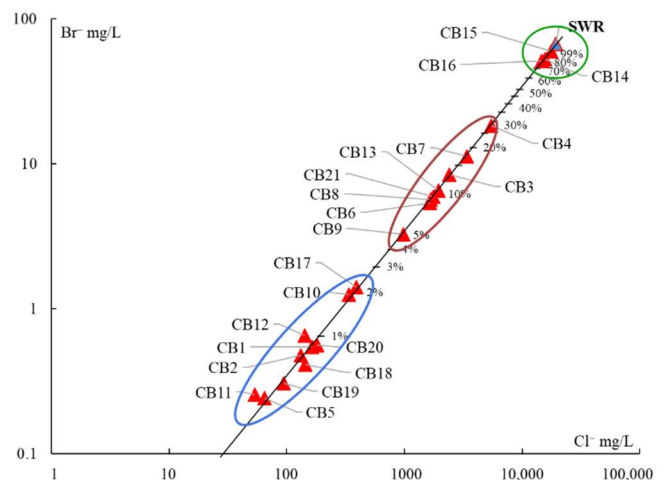


Figura 2. Relación $\text{Br}^- - \text{Cl}^-$ en las muestras analizadas (Tomado de Hernández-Morales et al., 2021).

La línea de dilución teórica $\text{Br}^- - \text{Cl}^-$ respecto al agua de mar (SWR), indica la estrecha relación con las

muestras analizadas (Figura 2). Tres grupos son bien representados, de acuerdo a la proporción de agua de mar en mezcla:

(1) CB14, CB15 y CB16, representados con más del 75 % de agua de mar corresponden a los manantiales termales intermareales La Posada, Santispac, and Agua Caliente (Figure 1).

(2) Tres sitios, en la zona intermareal (CB6, CB7, CB13), y cinco sitios en una distancia menor a 3 km de la costa (CB3, CB4, CB8, CB9, y CB21), presentan una fracción de agua de mar entre 5 % y 30 %.

(3) Los sitios restantes presentan proporciones menores a 2 % de agua de mar, localizadas en distancias mayores a 3 km de la línea costera.

Reconociendo que el Cl^- , Br^- y B , son elementos conservativos y con base en la composición hidrogeoquímica, fueron identificados 4 miembros extremos. Las razones de Br^-/Cl^- y B/Cl^- de los miembros extremos, así como de las muestras obtenidas fueron incorporadas en el diagrama de la Figura 3.

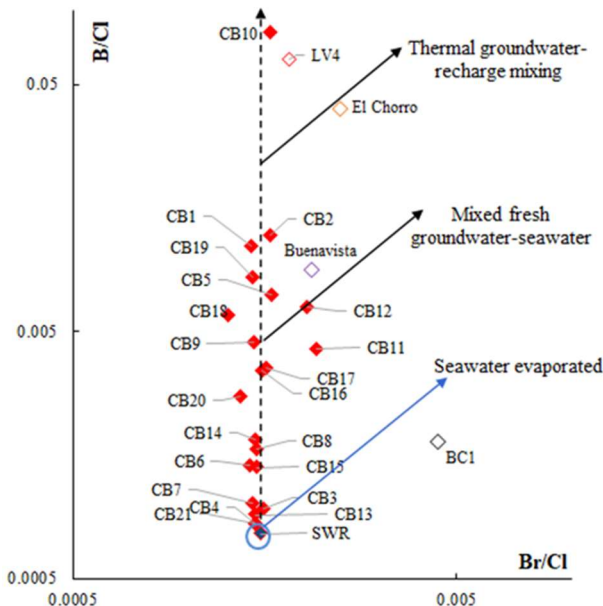


Figura 3. Relación Br^-/Cl^- y B/Cl^- en las muestras analizadas (Tomado de Hernández-Morales et al., 2021).

El origen de la salinidad y mezclas de miembros extremos, pueden ser reconocidas mediante las razones Br^-/Cl^- y B/Cl^- en el diagrama. Los sitios presentaron una razón Br^-/Cl^- similar a la del SWR,

sin embargo, respecto a la razón de B/Cl^- es notorio una variación entre las muestras, oscilando desde 0.0008 hasta 0.08. Esto puede ser atribuido a los procesos de interacción agua termal-roca, que promueve el considerable aumento en la concentración de Boro. Asimismo, la Figura 3 presenta la contribución marina en las muestras con las diferentes proporciones, reconociéndose el probable aporte desde el agua de precipitación y en la recarga, incorporada por aerosoles y agua en spray durante las lluvias y tormentas. El agua de recarga posteriormente es mezclada ya sea con el miembro extremo de agua termal, el miembro extremo de agua de mar o ambos.

Conclusiones

Los resultados explican parte de los procesos relacionados con la mezcla entre agua subterránea, agua termal y agua de mar. Las razones de Br^-/Cl^- y B/Cl^- resultan favorables para reconocer el aporte de la salinidad en las mezclas de agua subterránea. El reconocimiento de la proporción de agua termal, sin interferencia marina, permite evaluar los fluidos termales en la fase exploratoria para definir la temperatura en el reservorio termal profundo. El agua de mar represento la fuente de aporte de la salinidad (arriba del 83 %) en los manantiales termales intermareales. Los manantiales intermareales están asociados al sistema estructural del área. La temperatura evaluada, para el reservorio en profundidad, se estimó entre 114 y 209 °C. Esta investigación contribuye al conocimiento del potencial geotérmico del área y las características hidrogeológicas del agua subterránea, que será de interés en el futuro para la gestión ambiental en un marco sustentable.

Referencias

Hernández-Morales, P., Wurl, J., Green-Ruiz, C., Morata, D. (2021). Hydrogeochemical Characterization as a Tool to Recognize "Masked Geothermal Waters" in Bahía Concepción, Mexico. *Resources*, 10(3): 23.

Prol-Ledesma, R. M., Canet, C., Torres-Vera, M.A., Forrest, M.J., Armienta, M.A. (2004). Vent fluid chemistry in Bahía Concepción coastal submarine hydrothermal system, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 137: 311-328.



1er Congreso Internacional
CEMIE-Océano



