



XVIII Congreso Peruano de Geología

Evolución Geoquímica de las Aguas Subterráneas en el Valle del Río Piura, Subcuenca Chulucanas

Edman Giovanni Blas Villanueva^{1, 2}

¹ Universidad Nacional de Ingeniería; FIGMM, Escuela de Geología, Av. Túpac Amaru s/n, Rímac, Lima, Perú (edman.blas@hotmail.com)

² Hydro-Geo Consultores S.A.C, Av. Paseo La República 3565 Of.1001, Lima, Perú (eblas@hydrogeo.com.pe)

1. Introducción

La cuenca del río Piura está conformada por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas con un rango comprendido entre el Paleozoico y el Cuaternario. La subcuenca de Chulucanas se ubica en la parte media y alta. Las aguas subterráneas en el área de estudio forman parte del acuífero del Alto Piura que se ubica entre el poblado de Salitral por el sur, Tambo Grande por el norte y los afloramientos de rocas intrusivas y volcánicas que forman los márgenes occidental y oriental del valle. El área de estudio, denominada subcuenca Chulucanas comprende una superficie de aproximadamente 1800 km², litológicamente está compuesta de la siguiente manera: las formaciones Yapatera y Tambogrande son clásticas lo que favorece el flujo de las aguas subterráneas, en el área de estudio, la Formación La Bocana consta de aglomerados que superficialmente presentan mucho fracturamiento lo que también favorece el flujo de aguas subterráneas, y finalmente las rocas ígneas presentan fracturas subsuperficiales. En esta investigación se estudia la evolución geoquímica de las aguas subterráneas de las subcuenca Chulucanas en el valle del río Piura, buscando conocer los procesos geoquímicos de interacción entre el medio geológico y las aguas subterráneas, que tienen lugar durante el flujo de las mismas.

2. Metodología de la Investigación

En la primera etapa de gabinete, se recopiló información bibliográfica, luego se analizó esta información, especialmente aquella relacionada con la geología, hidrogeología e hidrogeoquímica y así se elaboró una síntesis hidrogeológica que fue usada para trazar los

itinerarios de recorrido de campo; y se determinó el número y ubicación de los puntos de agua a muestrear a lo largo de este perfil (Figura 2).

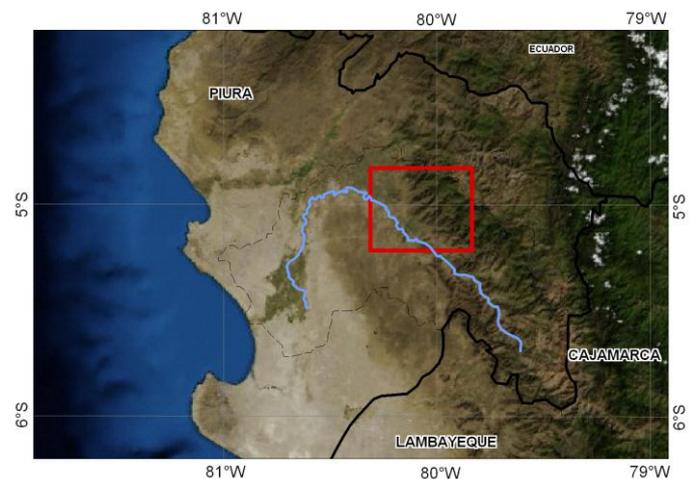


Figura 1: Ubicación del área de estudio (Fuente: Google Earth)

En la etapa de campo se caracterizó, desde una perspectiva petrográfica y de relaciones estratigráficas, las diferentes formaciones geológicas, se determinaron las características geomorfológicas y estructurales del área de estudio. Se tomaron muestras de agua de los diferentes pozos y surgencias a lo largo de los perfiles mencionados para su análisis en el laboratorio, y a la vez se determinó una serie de parámetros físico-químicos inestables, como el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura así como datos de interés hidrogeológico. La segunda etapa de gabinete consistió en el análisis de las muestras de agua en el laboratorio.

4. Hidrogeoquímica

De las características estudiadas, es la litológica la que tiene mayor relevancia en cuanto a la evolución geoquímica de las aguas subterráneas, el factor mineralógico es determinante para predecir o hacer asunciones en cuanto a la calidad y características químicas del agua, tal es el caso de la Formación la Bocana inicialmente el agua analizada pertenece a una facie clorurada sódica magnésica, conforme avanza el flujo esta se vuelve bicarbonatada cálcica magnésica, que es el tipo de agua esperada cuando esta atraviesa rocas volcánicas de composición andesítica como la presentes en dicha formación, ya que esta contiene plagioclasas y ferromagnesianos ricos en Ca y Mg. El nivel superior de la Formación Tambogrande es muy salino además de presentar niveles de cenizas, es posible que esto genere que las aguas se vuelvan sulfatadas y cloruradas sódicas y magnésicas. Estos procesos muestran que existe interacción entre el agua subterránea y las rocas de las formaciones presentes y que controla la química de las aguas subterráneas en el área de estudio.

5. Modelización Hidrogeoquímica

Dentro de la modelización geoquímica, existen los modelos cinéticos y los termodinámicos, la elección entre estos dos se denomina planteamiento, en el planteamiento termodinámico existen dos aproximaciones la inversa y la directa, el tipo de cálculo supone la realización de balance de masa, especiación solubilidad y las pautas de reacción, y finalmente la elección del programa a utilizar constituye el último paso de la modelización (Gimeno, M.J., 1994). Los procesos hidrogeoquímicos fueron comprobados mediante el código PHREEQC, tanto con el método directo como con el inverso.

En la sección A-A' en el tramo entre las localidades de La Peña y Sancor, que atraviesa aglomerados volcánicos de la Formación La Bocana, el modelo predice la formación de cuarzo, gibbsita y yeso y la disolución de anortita. En el tramo de Sancor a Casana, donde el agua subterránea atraviesa conglomerados de la Formación Tambogrande (Figura 5), se tomó como fases minerales presentes al yeso, calcita, goethita, rodocrosita y anhidrita. Los cálculos de modelización predicen la formación de pirita, goethita y hematita, mientras que los minerales que se disuelven son el yeso, esfalerita, rodocrosita y el $\text{Fe}(\text{OH})_3$. En el tramo de Casana a Paccha (13-14) el agua subterránea atraviesa rocas detríticas de la Formación Tambogrande, y las fases minerales sobresaturadas son la hematita y la goethita. En este tramo existe un aumento de la concentración de Mn, haciendo que se sobresature hacia el punto M-13, haciendo inclusive que en este punto se encuentre la mayor concentración de Mn, inclusive por encima del máximo permisible.

En la sección C-C', en el tramo entre las localidades de Yapatera y Chulucnas, el agua subterránea interacciona con rocas detríticas de la Formación Yapatera, el modelo encontrado predice la precipitación de goethita y la

disolución de calcita. La modelización por absorción de metales pesados en oxihidróxidos de hierro (FeOOH) considera que existe absorción de los metales Pb y Cd. En el tramo 5-6, ubicado sobre la ciudad de Chulucanas las aguas subterráneas interaccionan con las rocas detríticas de la Formación Yapatera y las rocas volcanoclasticas de la Formación La Bocana (Figura 5), el modelo obtenido predice la disolución de cuarzo, anortita y calcita; y la formación de clorita y sericita.

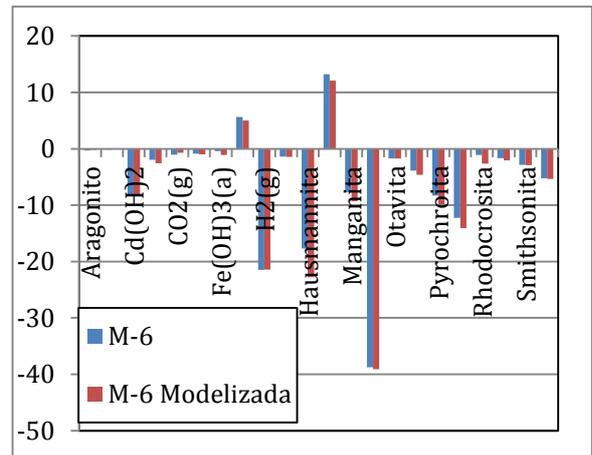


Figura 4: Comparación de los índices de saturación de la muestra M-6 con la muestra modelizada

6. Resultados y Discusión

La sección A-A' que pasa por las localidades de La Peña, Sancor, Casana y Paccha es la que presenta mayor concentración de Pb y Cu con respecto a las otras secciones, esto debido posiblemente a la existencia de mineralización del tipo sulfuro masivo Pb-Cu-Zn en la Formación la Bocana. En la sección C-C' que pasa por las localidades de Yapatera y Chulucanas, para los tramos en donde el agua subterránea atraviesa las rocas detríticas de la Formación Yapatera, existe una disminución de los metales Pb, Zn, Fe y Mn, esto se debería a la formación de óxidos e hidróxidos de hierro y la posterior absorción de los metales Pb y Zn.

Las mayores concentraciones de Zn las presentan las muestras M-3, M-2, M-8, M-13, M-14 y M-15 que tienen en común, las ser tomadas de pozos ubicados en rocas detríticas de la Formación Tambogrande, siendo posible que el Zn derive de niveles de cenizas volcánicas.

En el tramo entre las localidades de La Peña y Sancor, donde el agua subterránea atraviesa aglomerados volcánicos de la Formación La Bocana, el modelo producido por la modelización hidrogeoquímica predice la formación de cuarzo, gibbsita y yeso y la disolución de anortita. En el tramo de Sancor a Casana, los cálculos de modelización predicen la formación de pirita, goethita y hematita, mientras que los minerales que se disuelven son el yeso, esfalerita, rodocrosita y el $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

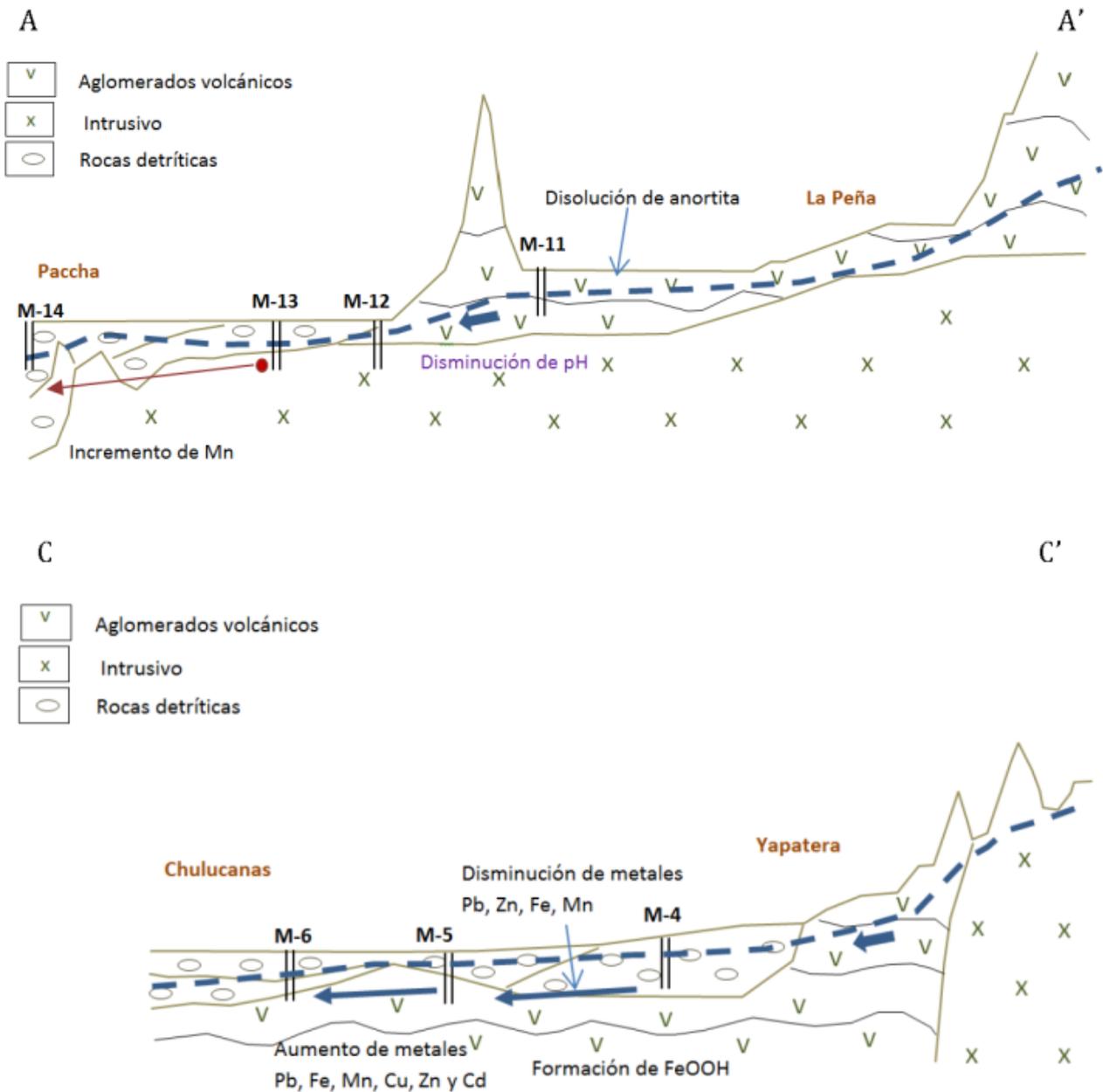


Figura 5: Perfiles hidrogeoquímicos del área de estudio A-A' y C-C'

En el tramo de Casana a Paccha existe un aumento de la concentración de Mn, haciendo que se sobresature hacia el punto final, haciendo que en este punto se encuentre la mayor concentración de Mn en la zona de estudio inclusive por encima del máximo permisible.

En el tramo entre las localidades de Yapatera y Chulucanas, el modelo encontrado predice la precipitación de goethita y la disolución de calcita. La modelización por absorción de metales pesados en oxihidróxidos de hierro (FeOOH) considera que existe absorción de los metales Pb y Cd. El tramo que se ubica sobre la ciudad de Chulucanas, el modelo obtenido predice la disolución de cuarzo, anortita y calcita; y la formación de clorita y sericita.

N. Conclusiones

De las características geomorfológicas, estructurales y litológicas, es la litológica la que tiene mayor relevancia en cuanto a la evolución geoquímica de las aguas subterráneas en el área de estudio.

La modelización hidrogeoquímica corrobora los procesos geoquímicos que tienen lugar en el sistema durante la interacción de las aguas subterráneas y el medio geológico.

Es necesario realizar un estudio más detallado, ampliando el número de pozos a investigar a fin de que se puedan conocer los procesos hidrogeoquímicos en toda la

cuenca y que pueda ser utilizado para el aprovechamiento de los recursos hídricos en la región.

Agradecimientos

Al ser una investigación propia debo agradecer a las personas que hicieron posible este trabajo. A los ingenieros Guillermo Pérez, Atilio Mendoza, Rolando Carrascal y Esteban Manrique, cuyos comentarios, observaciones y sugerencias hicieron que este trabajo mejore. Así también al Laboratorio de Espectrometría de la UNI, al SENAMHI y a la Municipalidad Provincial de Chulucanas por el apoyo brindado.

Referencias

- Benavent, I., et al. 2005. Hidrología Isotópica para Optimizar la Gestión de los Recursos Hídricos en el Norte del Perú: El Acuífero Alto Piura – Perú. Estudios de Hidrología Isotópica en América Latina. IAEA, pp 153-173.
- Benavides, V. 1999. Orogenic Evolution of the Peruvian Andes: The Andean Cycle. En: Skinner, B.J., ed. Geology and Ore Deposits of the Central Andes. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Special Publication 7, p. 61-107.
- Berkowitz, B., Dror, I. & Yaron, B. 2008. Contaminant Geochemistry Interactions and Transport in the Subsurface Environment. Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg. 412 p
- Chamorro, C., et al. 1997. Estudio Hidrogeológico para la Localización y Diseño de Pozos con Fines de Captación de Aguas Subterráneas para Uso Múltiple en el Valle Alto Piura - zonas I, II y III. Ministerio de Agricultura, INRENA. 70 p.
- Chen, Z. & Greg, A. 2002. Environmental Applications of Geochemical Modeling. Cambridge, New York, Port Melbourne, Australia. 284p.
- Espinoza, J., et al. 1994. Diagnóstico del Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en el Valle del Alto Piura. Ministerio de Agricultura, INRENA. 55 p.
- Fetter, C. W. 2001. Applied Hydrogeology. Prentice Hall, New Jersey, 4th Edition. 598p.
- Galindo, E., Del Pozo, M., Días, J.A., Castaño, S., Martí, B. y Guerra, J.L. 2003. Caracterización Geoquímica del Agua Subterránea en la Zona Este de Gran Canaria. 9 p.
- Gómez, L. M., Moriena, R., Felizzia, J. y Schiavo, H. 2009. Caracterización Hidrogeoquímica e Identificación de Procesos de Mezcla en un Acuífero Afectado por un Vertedero Municipal no Controlado. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 61, Núm. 3, pp. 437-450.
- Guzmán, A. 1994. Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Piura. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; N° 9.
- Hernández, J. 2008. Efecto de la Evolución Geoquímica en la Calidad del Agua Subterránea en la Porción Central de la Zona Media del Estado de San Luis Potosí. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Idris, R. 2002. Tectonic, Magmatic and Metallogenic Evolution of the Cajamarca Mining District, Northern Peru.
- Knodel, K., et al. 2007. Environmental Geology Handbook of Field Methods and Case Studies. Springer, Berlin. 1193p.
- Lecomte, K.L. 2003. Verificación y Validación de Modelos Geoquímicos Realizados con un Software Específico. Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología, Vol. 1, pp. 65-76.
- Marcos, L.A., Villarroya, F. Castaño, S. Vázquez, M. 2000. Aproximación a la Evolución Hidroquímica de Aguas Subterráneas en el Terciario Detrítico de la Cuenca del Arlanzón (Burgos). 10 p.
- Martínez, D.E., Bocanegra, E.M. y Manzano, M. 2010. La Modelación Hidroquímica como Herramienta en Estudios Hidrogeológicos. 26 p.
- Merkel, B. J. 2008. Groundwater Geochemistry: A Practical Guide to Modeling of Natural and Contaminated Aquatic Systems. Springer, Berlin, New York, 2nd Edition. 230p.
- Pérez, G. 2008. Curso de Hidrogeología. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Reyes, L. y Caldas, J. 1987. Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca. Boletín N 39. INGEMMET, 83 p.
- Rodríguez, I., Villareal, E., Valencia, M. y Sánchez, V. 2012. Metalogenia, Geología Económica y Potencia Minero de la Reflexión de Huancabamba: Noroeste del Perú. Ingemmet, Lima, Boletín N° 29 serie B: Geología Económica. 222 p., 7 mapas.
- Sherman, D. M. 2014. Environmental Geochemistry Course. Department of Earth Sciences, University of Bristol.
- Singhal, B. & Gupta, R. 2010. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. Springer, Heidelberg, London, New York, 2th Edition. 408 p.
- Struckmeier, W. & Margat, J. 1995. Hydrological Maps a Guide and a Standard Legend. Ed. Van Acken GmbH. Hannover, 193 pp.
- Tegart, P. Allen, G. & Carstensen, A. 2000. Regional Setting, Stratigraphy, Alteration and Mineralization of the Tambo Grande VMS District, Piura Department, Northern Peru. En: Sherlock, R.L. & Logan, M.A.V., eds. Volcanogenic massive sulfide deposits of Latin America. Newfoundland: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication, 2, p. 375-405.
- Vallejos, A., Pulido, A., Sánchez, F. Gisbert, J. y Molina, L. 2005. Evolución Geoquímica de las Aguas Subterráneas en el Borde Meridional de la Sierra de Gádor (Almería). Geogaceta, Vol. 37, pp. 99-102.
- Winter, L. S. 2008. The Genesis of "Giant" Copper-Zinc-Gold-Silver Volcanogenic Massive Sulphide Deposits at Tambo Grande, Peru: Age, Tectonic Setting, Paleomorphology, Lithochemistry and Radiogenic Isotopes. Tesis Doctoral. The University of British Columbia. Vancouver. 260 p.