

Patrones Hidrogeoquímicos y Origen de la Composición Química de Aguas Subterráneas de Cuba.

Hydrogeochemical Patterns and Origin of the Chemical Composition of Groundwater in Cuba.

^{1,2}Juan Jesús Piña Leyte-Vidal, ² Juan Reinero Fagundo Castillo,

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., Camino a la Presa San José 2055, 78216, San Luis Potosí, S.L.P, México, 4443325240, juan.pina@ipicyt.edu.mx.

²Facultad de Química, Universidad de La Habana, Zapata S/N entre Calle G y Carlitos Aguirre, 10400 La Habana, Cuba, +53 78738222, juan.fagundo@fq.uh.cu.

RESUMEN EN ESPAÑOL

Se presentan los resultados de la caracterización hidroquímica, mediante modelos hidrogeoquímicos de reconocimiento de patrones, balance de masa y mezcla de aguas, de sistemas de flujos de diferente naturaleza hidrogeológica de Cuba (aguas cársicas y termales que discurren por silicatos y carbonatos de la Sierra del Rosario; flujos locales e intermedios que drenan rocas ultrabásicas de Madruga y San Miguel de los Baños, y aguas superficiales y profundas que discurren por rocas evaporíticas de Menéndez, Elguea y Punta Alegre. Asimismo, se muestran los correspondientes patrones hidrogeoquímicos y los procesos geoquímicos que originan la composición química de las aguas estudiadas.

ABSTRACT

The results of the hydrochemical characterization are presented, by means of hydrogeochemical models of pattern recognition, mass balance and water mix, of flow systems of different hydrogeological nature in Cuba (karst and thermal waters that flow through silicates and carbonates of the Sierra del Rosario; local and intermediate flows that drain ultrabasic rocks of Madruga and San Miguel de los Baños, and superficial and deep waters that flow through evaporitic rocks of Menéndez, Elguea and Punta Alegre. The corresponding hydrogeochemical patterns and the geochemical processes that originate are also shown. the chemical composition of the waters studied.

Palabras Clave en español: Patrones hidrogeoquímicos, modelos hidrogeoquímicos, procesos hidrogeoquímicos, Cuba.

Key words: Hydrogeochemical patterns, hydrogeochemical models, hydrogeochemical processes, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La modelación hidrogeoquímica ha sido utilizada para determinar el estado de equilibrio del agua con respecto a los minerales del medio acuífero (Ball and Nordstrom, 1991; Parkhurst y col., 1999; Fagundo y col., 2005), el origen de su composición química (Parkhurst y col., 1982; Fagundo-Sierra y col., 2001), y para estimar dicha composición mediante mediciones de conductividad eléctrica y relaciones matemáticas empleado modelos lineales y polinómicos (Álvarez y col., 1990; 1992) y métodos de reconocimiento de patrones (Vinardell y col., 1999).

Para el uso óptimo de la modelación hidrogeoquímica es necesario conocer cómo el agua adquiere su composición química. Este proceso es complejo y en él intervienen factores químico-físicos, geológicos, hidrogeológicos, climáticos, microbiológicos y antropogénicos (Fagundo, 1990).

Los procesos químico-físicos están regidos por leyes termodinámicas y cinéticas (Fagundo, 1996), relacionadas con la disolución de gases y minerales, precipitación, hidrólisis, hidratación, oxidación-reducción, mezcla de aguas, intercambio iónico, efecto de ión común, efecto salino o de fuerza iónica, y otros (Tóth, 2000). Entre los factores geológicos que controlan la composición química de las aguas, son determinantes: la litología, el estado de yacencia de las secuencias estratigráficas, la tectónica, el agrietamiento, y la textura y porosidad de las rocas, entre otros. Los factores hidrogeológicos están relacionados con la permeabilidad del acuífero, el tipo de flujo, su velocidad, el tiempo del recorrido del agua subterránea y profundidad alcanzada por la misma, así como la zona por donde se mueve el agua. El conjunto de factores geológicos e hidrogeológicos determinan las facies hidroquímicas del agua y el contenido de minerales disueltos.

METODOLOGIA

Los análisis físicos y químicos se realizaron según las técnicas descritas en el Standard Methods. 17th Ed. (APHA – AWWA – WPCF, 1992), dentro de las 72 horas a partir de tomadas las muestras.

Los datos hidroquímicos fueron tomados de la Red de Observaciones Sistemáticas de la Oficina Nacional de Recursos Minerales y de determinaciones realizadas por el propio colectivo de trabajo, correspondientes a fuentes de abastos público y yacimientos de aguas minerales de las provincias de Pinar del Río, La Habana y Matanzas (Cuba).

Los datos hidroquímicos fueron procesados mediante los sistemas programas de computación HIDROGEOQUIM (Fagundo y col., 2005), GEOQUIM (Álvarez y col., 1992; 1993), SAMA (Álvarez y col., 1990a; 1990b), BATOMET (Vinardell y col., 1999) y MODELAGUA (Fagundo-Sierra y col., 2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

Patrones hidrogeoquímicos y origen de la composición química del agua

En la figura 1 se presentan los patrones hidrogeoquímicos de algunas muestras seleccionadas de la Sierra del Rosario. Se pueden apreciar 8 tipos de patrones, correspondientes a 8 grupos de agua diferentes: 1) Flujos locales que drenan rocas ultrabásicas de la Asociación Ofiolítica (Arroyos de Cajalbana), presentan aguas del tipo $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ (PH: 118-181); 2) Flujos locales que drenan sedimentos de la Fm. Manacas (Arroyo Mamey), son de composición química $\text{HCO}_3\text{-Ca}>\text{Na}$ (PH: 451-181); 3) Flujos intermedios de la Fm. San Cayetano, representados por el manantial Azufre de Mil Cumbres, con aguas de tipo $\text{HCO}_3\text{-Na}$, H_2S (PH: 811-181); 4) Flujos locales de naturaleza cársica que drenan carbonatos de la Fm. Guajaibón (Surgencia Ancón), con aguas de tipo $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ (PH: 181-181).

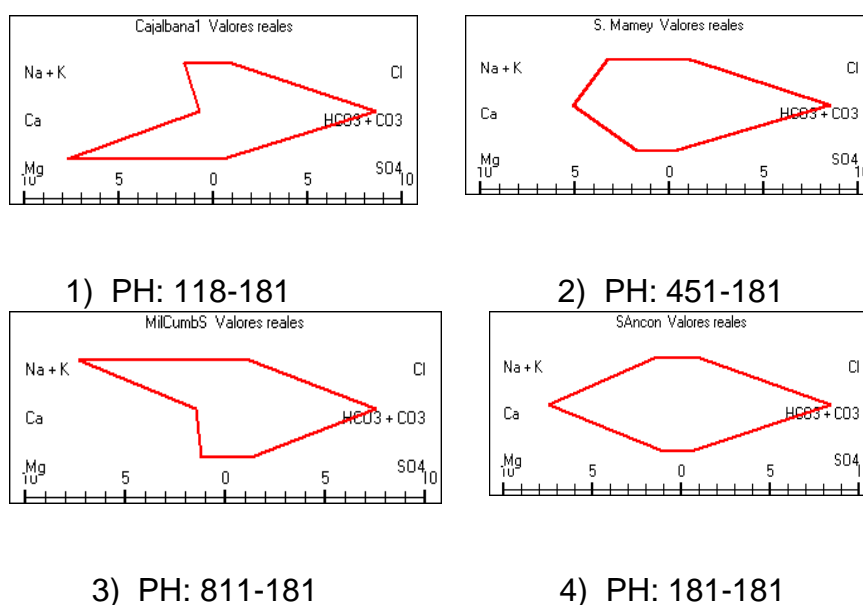


Figura 1. Patrones hidrogeoquímicos representados mediante diagramas de Stiff de los valores medios de los flujos de la Sierra del Rosario: 1) Arroyos de Cajalbana; 2) Sumidero Mamey; 3) Manantial Azufre de Mil Cumbres; 4) Surgencia Ancón.

El origen de la composición del agua de manantiales efímeros y perennes de Sierra Nevada (Garrels y Mackenzie, 1967), como resultado de los procesos de meteorización, han sido explicados aplicando modelos de balance de masa. En ambos casos fueron reconstruidos los principales minerales originales constitutivos de las rocas ígneas del terreno (plagioclasa andesina, biotita, K-feldespató, montmorillonita). Garrels (1967), hizo extensiva esta aproximación para explicar el origen de la composición del agua subterránea que drena otras rocas ígneas, identificando procesos de intemperismo en que la plagioclasa albita originaba sodio y H_4SiO_4 por disolución incongruente de caolinita y esmectita (Na-beideita).

CONCLUSIONES

Mediante modelos de reconocimiento de patrones, se demuestra que el agua de diferente naturaleza hidrogeológica (agua superficial y agua subterránea correspondiente a sistemas de flujo locales, intermedios, regionales y de mezcla), que discurren por sedimentos de diferente origen (sedimentario, volcánico y metamórfico) de Cuba, puede ser expresada mediante patrones hidrogeoquímicos, mediante combinaciones de números enteros entre 1 y 8 ($36 \times 36 = 1296$ combinaciones numéricas), y de forma gráfica, mediante diagramas hidroquímicos de Stiff.

BIBLIOGRAFIA

Álvarez E., y col., (1990a). Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. II-Sistema Automatizado para el Monitoreo de las Aguas. Voluntad Hidráulica, 83: 15-25.

Álvarez E., y col., (1990b). Control de la calidad de las aguas mediante un sistema automatizado. Estudios Geológicos (Madrid), 46 (5-6): 409-414.

APHA – AWWA – WPCF (1992). Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Aguas Residuales, Am. Public Assoc., Edición 17th. Editorial Grijalbo (Madrid), 4-1 -4-235.

Ball J. W. and Nordstrom D. K (1991): User manual for WATEQ4F, with revised thermodynamic data base and test case for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural waters. U.S. Geol. Survey, Open File Report 91-83.

Fagundo, J.R. (1990). Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. Efecto de los factores geológicos, hidrogeológicos y ambientales. Hidrogeología (Granada), 5: 33-46.

Fagundo, J.R, y col., (2005). HIDROGEOQUIM. En: Contribución a la Educación y Protección Ambiental. ISCTN. Vol 6 (XI Taller), Q 58-67. ISBN 959-7136-35-X.

Fagundo-Sierra, J., y col., (2001). Modelación de las aguas naturales. En: Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. ISCTN. Vol. 2 (VII Taller), 8 pp. ISBN 959-7136-09-0.

Garrels, R. M., F. T., Mackenzie (1967). Origin of the chemicals composition of springs and lakes, equilibrium concepts in natural water systems: American Chemical Society, Advances in Chemistry Series, 67, 222-242.

Parkhurst, D.L., C.A.J. Appelo (1999). User's guide to PHREEQC - A computer program for speciation, reaction path, advective transport, and inverse geochemical calculations. U.S.G.S. Water Resources Investigations Report, 99-4259, 1-312.

Tóth, J. (2000). Las aguas subterráneas como agente geológico: causas, procesos y manifestaciones. Boletín Geológico Minero, Madrid: 111(4), 9-25.

Vinardell, I., y col., (1999). Un método para la clasificación e identificación de las aguas mediante patrones hidrogeoquímicos. Revista CENIC Ciencias Químicas: 30 (1), 14-20.