

# CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO KÁRSTICO COSTERO DEL SECTOR GÜIRA-QUIVICÁN (CUENCA SUR HABANA). II: CARACTERIZACIÓN DE LAS FACIES HIDROQUÍMICAS PRESENTES

González<sup>1\*</sup>, A.; J.R. Fagundo<sup>2</sup>; P. González<sup>2</sup>; E. Romero<sup>1</sup>; S. Jiménez<sup>3</sup>; G. Benítez<sup>4</sup>;  
D. Orihuela<sup>1</sup>; V. Ferrera<sup>3</sup>; J. Ramírez<sup>2</sup> & M. Suárez<sup>2</sup>

**Resumen** - Determinaciones detalladas en el campo y en el laboratorio de una serie de parámetros físico-químicos han sido realizadas en una red de pozos ubicados en el acuífero kárstico costero del sector Güira-Quivicán (Cuenca Sur de La Habana). Los resultados del trabajo ponen de manifiesto variaciones espaciales y temporales del potencial redox (Eh), oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>), PH, CO<sub>2</sub> y contenidos iónicos en las diferentes zonas hidrogeoquímicas previamente identificadas (primera parte de la investigación, presentada también por los autores como ponencia a este Congreso). La composición química del agua subterránea, expresada en términos de patrones hidrogeoquímicos y relaciones iónicas y representada además mediante diagramas y series cronológicas, permite observar las facies hidroquímicas que se presentan en cada una de las zonas diferenciadas, que son el resultado de la acción combinada de varios factores (recarga del acuífero, intrusión marina y sobreexplotación).

**Palabras clave** - acuífero costero, karst, mezcla agua dulce-agua salada, facies hidroquímicas, patrones hidroquímicos, intrusión marina.

## INTRODUCCIÓN

En el caso de los acuíferos costeros afectados por el fenómeno de la intrusión marina, la hidroquímica es de naturaleza dinámica con grandes y rápidas variaciones.

---

\* Escuela Politécnica Superior. Campus de La Rábida. 21819-Palos de la Frontera. Huelva. España. E-mail: [arsenio@uhu.es](mailto:arsenio@uhu.es).

1. Grupo de Hidrogeología y Medio Ambiente. Universidad de Huelva. España.
2. Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina". La Habana. Cuba.
3. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). La Habana. Cuba.
4. Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC). La Habana. Cuba.

Desde el punto de vista cualitativo el aporte iónico por la intrusión del agua de mar es siempre similar y depende de la mayor o menor difusión de los iones. Esto nos permite tomar como índice de intrusión marina, el incremento progresivo, total o relativo, de las concentraciones de ciertos iones (iones conservativos). Sin embargo en el proceso interviene de manera determinante la naturaleza del material acuífero, ya que la interacción mezcla-roca es capaz de modificar de forma drástica la concentración de ciertos iones (iones no conservativos) y por tanto, los patrones hidroquímicos y algunas relaciones iónicas debido a fenómenos de disolución, precipitación e intercambio iónico (Morell et al., 1986, 1988; Giménez, 1994; González, 1997).

El fenómeno de intrusión marina está acompañado del problema de la superposición de facies hidroquímicas. Cuando se afirma que un agua responde a una determinada facies, se pretende definir su composición química, la cual ofrece una idea implícita de la litología del acuífero. En el caso de los acuíferos costeros afectados por este fenómeno, la litología deja de ser preponderante y las facies del agua responde al grado de mezcla agua dulce-agua de mar, que supone aportes grandes de iones cloruro y sodio, convirtiendo las facies hidroquímicas en clorurada sódica (Morell et al., op. cit.; González, op. cit.).

Este trabajo, segundo de una serie de tres artículos sobre la problemática hidrogeológica del sector, pretende caracterizar las facies hidroquímicas presentes en las diferentes zonas hidrogeoquímicas, previamente identificadas (artículo I de esta serie), con el objetivo de relacionar las regularidades encontradas con los procesos geoquímicos que tienen lugar en el acuífero.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La medida de parámetros geoquímicos se realizó in situ mediante pHmetro y medidor de temperatura y potencial redox (Eh) HANNA modelo HI-8424 y oxímetro HANNA modelo HI-914. El contenido de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, así como la alcalinidad total (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) fueron también determinados en el campo, mientras que el resto de iones mayores (Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>) y componentes trazas se analizaron en el laboratorio del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de La Habana antes de transcurrir 24 horas desde que fueron tomadas las muestras.

Los análisis químicos se efectuaron mediante las técnicas analíticas estándar (APHA, AWWA, WPCF, 1989) modificadas por Markowicz y Pulina (1979) y Krawczyk (1992) para muestras de agua subterránea procedentes de terrenos kársticos. Los iones Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> se determinaron por fotometría de llama (fotómetro SOLAR 919 de la UNCAM).

Para el análisis de  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  en muestras altamente mineralizadas se prepararon patrones idóneos y se tomaron en cuenta las recomendaciones de Capitán (1987), que considera el efecto de matriz sobre las determinaciones (Súarez, 1998).

La calidad de los datos fue validada mediante el balance iónico y el cálculo de las conductividades eléctricas teóricas basado en el modelo de Miller et al. (1986), implementado en el sistema informático HIDROGEOWIN (Álvarez et al., 1998). El resto del procesamiento se efectuó mediante ROCKWARE, GRAPHERWIN, SURFER y EXCEL.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los resultados de algunos de los principales registros físico-químicos realizados el día 14 de julio de 1997 en los pozos Playa Cajío, Álvaro Barba, Santa Ana y Sotolongo Díaz (el primero a 200 m del mar, el segundo en una región pantanosa a 2500 m del mar y el tercero y cuarto en la zona más alejada de la costa, a 4900 m y 9000 m respectivamente). Se aprecia que en los dos primeros pozos (ubicados entre la costa y la zona pantanosa) se presenta un ambiente reductor, con valores de Eh negativos en la zona de mezcla (parte alta y parte baja, en Álvaro Barba) y en la zona de agua salada (Playa Cajío y Alvaro Barba). En esos mismos sitios se detectaron bajos contenidos de  $\text{O}_2$  disuelto y  $\text{CO}_2$ , mientras que los valores de pH son relativamente elevados. En los pozos más alejados del mar (Santa Ana y Sotolongo Díaz) se registraron valores de potencial redox positivos (ambiente oxidante) y valores más elevados del contenido de  $\text{CO}_2$  y de  $\text{O}_2$  disuelto.

Para establecer con más precisión las variaciones temporales del potencial redox en el acuífero se tomaron en consideración los valores de Eh a profundidades representativas de las tres grandes zonas hidrogeoquímicas. Las medidas se realizaron en los pozos Playa Cajío, Álvaro Barba, Sotolongo Díaz, Santa Ana y Cala 10 en el período julio 1997-julio 1998 (Figura 2). Se observa que en el pozo más cercano al mar, limítrofe con la zona de marismas (Playa Cajío, a 200 m del mar), el ambiente fluctúa entre reductor y oxidante en la zona de aguas con baja salinidad (Figura 2a), se hace oxidante en la zona de mezcla (Figura 2b) y reductor en la zona de agua salada (Figura 2c). En el pozo ubicado dentro de la zona pantanosa (Álvaro Barba, a 2500 m del mar) prevalece un ambiente oxidante en la zona de aguas con baja salinidad (Figura 2a) y un ambiente reductor tanto en la zona de mezcla como en la de agua salada (Figura 2b y c). Para los pozos Cala 10 y Santa Ana (a 4500 m y 4900 m del mar, respectivamente) se observan comportamientos muy diferentes; el primero (Cala 10) acompaña en su

comportamiento al pozo Álvaro Barba, con valores positivos de Eh (ambiente oxidante) en la zona de aguas con baja salinidad (Figura 2a) y negativos (ambiente reductor) tanto en la zona de mezcla como en la de agua salada (Figura 2b y c), mientras que el segundo (Santa Ana) acompaña al pozo Sotolondo Díaz (a 9000 m del mar) con potenciales redox positivos siempre en las tres zonas hidrogeoquímicas (Figura 2a-c). Estas regularidades se han presentado también en otros períodos del año, con algunas fluctuaciones debido al efecto oxidante que se produce por infiltración del agua de lluvia en el acuífero.

La caracterización espacial de la composición química del agua del acuífero se aborda en el plano horizontal y en profundidad. En el primer caso se pondrá de manifiesto la evolución de la calidad del agua subterránea desde el área de alimentación del acuífero (Pozo Rancherita a 13500 m del mar) hasta el área de descarga (Pozo Cajío a 200 m del mar). En el segundo caso se trata de conocer la evolución de dicha calidad en las tres zonas hidrogeoquímicas inducidas por el fenómeno de intrusión marina.

Las diferentes facies hidroquímicas presentes se han identificado mediante diagramas de Piper-Hill-Langelier (Figura 3). Las aguas con baja salinidad y las de la parte alta de la zona de mezcla (Figura 3 a y b) caen sobre una línea de mezcla imaginaria que une a los dos extremos, el agua dulce (representada por el número 0) y el agua de mar (representada por el número 9), pasando de facies bicarbonatada cálcica ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ) a clorurada sódica ( $\text{Cl-Na}$ ), a través de facies intermedias de mezcla tales como bicarbonatada clorurada cálcica sódica ( $\text{HCO}_3\text{:Cl-Ca:Na}$ ), bicarbonatada clorurada cálcica ( $\text{HCO}_3\text{:Cl-Ca}$ ), y otras combinaciones más que demuestran la diversidad de los procesos geoquímicos que están ocurriendo producto de la mezcla agua dulce-agua de mar y su interacción con el medio geológico, lo que es típico de un acuífero kárstico costero afectado por el fenómeno de intrusión salina. Para la parte baja de la zona de mezcla y para la zona de agua salada, las muestras se agrupan en el extremo inferior derecho de los triángulos en los alrededores del agua de mar (9), predominando en estas zonas las aguas del tipo clorurada sódica (Figura 3 c y d).

Las facies hidroquímicas pueden ser clasificadas en tipos de aguas según el método de Kurlov (in Fagundo, 1996), considerando los iones que se encuentren por encima del 20% meq/l. Para su rápida agrupación y reconocimiento se expresan en términos de patrones hidrogeoquímicos (Fagundo, 1998). La notación empleada para cada patrón es un juego de seis números enteros entre 0 y 10 (tres para los aniones y tres para los cationes, que sumados deben dar 10), ordenados según la secuencia  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}\text{-Cl}^-:\text{HCO}_3^-:\text{SO}_4^{2-}$ , donde tomarán valores entre 2 y 10 solamente aquellos iones cuyas

concentraciones en % meq/l sean mayores o iguales al 20 %. Computarizado el método (Vinardell et al., 1998), permite una rápida separación y clasificación de los datos.

La evolución en profundidad de los tipos de aguas se representa en diagramas de Stiff (Figura 4). Es un diagrama muy ilustrativo que permite, de forma sencilla, visualizar las regularidades de las diferentes facies hidroquímicas presentes en el acuífero, en un perfil comprendido entre el pozo Sotolongo Díaz (a 9000 m del mar) y el pozo Playa Cajío (a 200 m del mar).

Los diagramas se han realizado dividiendo las concentraciones de los iones (aniones y cationes) expresadas en % meq/l entre 10, con el objetivo de poder apreciar los cambios en el contenido iónico (especialmente  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ ) de las muestras de agua obtenidas teniendo en cuenta la concentración promedio de los diferentes iones durante el período enero de 1997-julio de 1998. Los cambios que se observan en los patrones hidrogeoquímicos (Figura 4) se deben, por una parte, al incremento de las concentraciones de NaCl en las aguas, a medida que aumenta la cercanía del pozo al mar y en sentido de la mayor profundidad, y por otra a las modificaciones hidrogeoquímicas que se producen en la zona de mezcla por la interacción agua salina-material acuífero, particularmente en los pozos cercanos a la zona pantanosa, en donde observan aguas del tipo cloruradas sódico cálcicas (Cl-Na:Ca) que responden a patrones hidrogeoquímicos tales como 8:1:1-7:2:1.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los tipos de aguas presentes en el acuífero y las combinaciones numéricas que definen sus patrones hidrogeoquímicos.

Se observa que hay una gran variedad de facies hidroquímicas. En la zona de aguas con baja salinidad predominan facies del tipo bicarbonatada clorurada cálcica sódica ( $\text{HCO}_3\text{:Cl-Ca:Na}$ ), bicarbonatada clorurada sódica cálcica ( $\text{HCO}_3\text{:Cl-Na:Ca}$ ), clorurada bicarbonatada cálcica sódica ( $\text{Cl:HCO}_3\text{-Ca:Na}$ ) y clorurada bicarbonatada sódica cálcica ( $\text{Cl:HCO}_3\text{-Na:Ca}$ ), que son el resultado de la influencia de la litología del acuífero y de la mezcla entre el agua dulce y el agua salobre del frente de avance de la cuña salina. En la zona de mezcla se observan facies del tipo clorurada sódica (Cl-Na) y clorurada sódica cálcica (Cl-Na:Ca); esta última es el resultado de los procesos modificadores que se dan durante la interacción entre el agua salobre y el material acuífero en esta zona de alta reactividad hidroquímica. En la zona de agua salada la facies predominante es la clorurada sódica (Cl-Na), por lo que la litología deja de ser preponderante y las facies hidroquímicas responden al aporte de grandes cantidades de iones cloruro y sodio por parte del agua de mar.

## CONCLUSIONES

El fenómeno de intrusión marina presente en el acuífero Güira-Quivicán genera una gran variedad de facies hidrogeoquímicas que revelan la influencia de la mezcla de aguas de diferente naturaleza y de los fenómenos modificadores producto de la interacción del agua salina de la zona de mezcla y el material acuífero.

La facies hidroquímica predominante en la zona de mezcla es del tipo clorurada sódica cálcica. La elevada reactividad hidroquímica en esta zona está provocando una gran disolución de roca carbonatada, lo que trae consigo un incremento de la porosidad y permeabilidad secundaria y un deterioro en la calidad del agua del acuífero, pues favorece la invasión marina y, por tanto, la salinización de las aguas del sector.

## AGRADECIMIENTOS

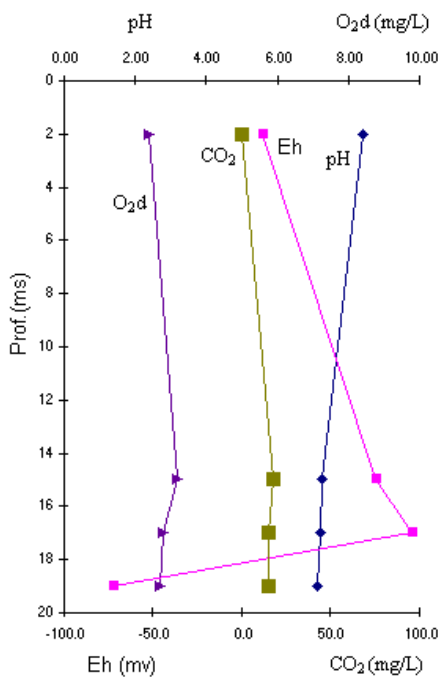
Este trabajo forma parte de los resultados obtenidos en las actividades hispano-cubanas desarrolladas durante los años 1997 a 1999 en el proyecto conjunto Evaluación Automatizada de los Acuíferos Cársicos Costeros ante el Impacto del Hombre y los Cambios Globales, en el marco del convenio entre la Dirección General de Universidades de la Junta de Andalucía y la Agencia Española de Cooperación Internacional para ayudas en materia de Cooperación Universitaria Andaluza con los Países de Lengua Hispana de Centroamérica y Caribe Insular, y se ha llevado a cabo a través de la Universidad Internacional de Andalucía (Sede Iberoamericana de La Rábida, Huelva, España).

## REFERENCIAS

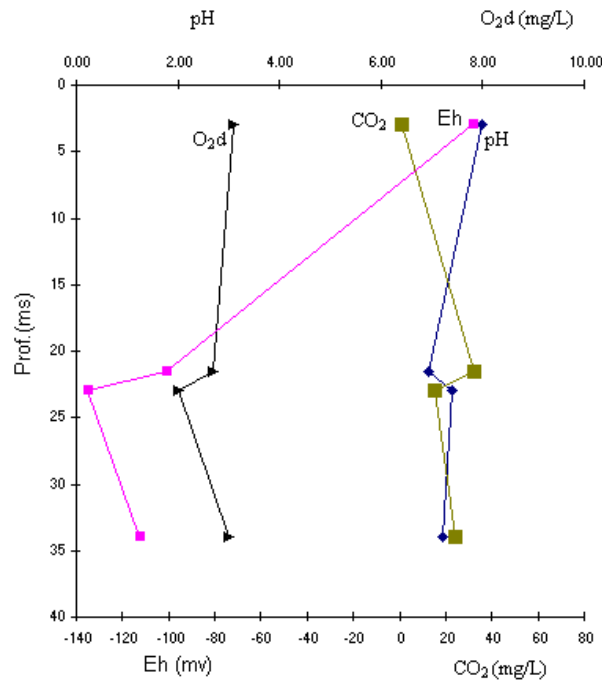
- Álvarez E., J.R. Fagundo, I. Vinardell. (1999). Control automatizado de la calidad de las aguas y de sus variables químico-físicas. Rev. Ciencias Químicas: 20 (1), 21-27. CNIC. La Habana.
- APHA, AWWA, WPCF (1989). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 17, 1.5-3.12. Washington.
- Capitán, L.F. (1987). II Curso técnicas de análisis de aguas. Programa de formación ocupacional para universitarios. Dpto. Química Analítica. Univ. Granada.
- Fagundo, J.R. (1996). Química del agua kárstica. In: Hidroquímica del Karst. J.R. Fagundo, J.E. Rodríguez, J.J. Valdés, Eds. Univ. Granada, 13-124.
- Giménez, E. (1994). Caracterización hidrogeoquímica de los procesos de salinización en el acuífero detrítico costero de la Plana de Castellón (España). Tes. Doct. Univ. Jaime I. Castellón.

- González, A. (1997). Procesos de salinización en el acuífero litoral del occidente de Huelva. Col. Alonso Barba, 4. Serv. Publ. Univ. Huelva.
- Krawczyk, W. (1992). Methods of field analytics of karst water. In: Hydrochemical methods in dynamic geomorphology. Scientific Works of Silesian University in Katowice, Katowice (1254), 65-83.
- Markowicz, M., M. Pulina (1979). Semi-quantitative chemical analyses of the waters in the carboniferous karst areas. Prace Naukowe. Ed. Silesian University, Katowice, 289.
- Miller, R.L., W.L. Bradford, N.E. Peters (1986). Specific conductance: theoretical considerations and application to analytical quality control. U. S. Geological Survey Water-Supply. Paper 2311.
- Morell, I., J. Medina, A. Pulido-Bosch, R. Fernández-Rubio (1986). Caracterización de la intrusión marina en el acuífero costero de Oropesa-Torreblanca (prov. de Castellón) en base al estudio de relaciones iónicas. Hidrogeología, 1:15-31.
- Morell, I., E. Giménez, M. V. Esteller (1988). Comportamiento iónico y procesos físico químicos en acuíferos detríticos costeros de las Planas de Oropesa, Castellón y Gandia (Com. Valencia). Hidrogeología, 3:21-33.
- Suárez, M. (1998). Estudio de las propiedades químico físicas y terapéuticas de algunas aguas mineromedicinales. Tes. Dipl. Univ., Facultad de Farmacia, Universidad de La Habana.
- Vinardell I., G. Tillán, J.R. Fagundo, E. Ontivero. (1999). Un método para la clasificación e identificación de las aguas mediante patrones hidrogeoquímicos. Revista Ciencias Químicas: 20 (1), 14-20, CNIC. La Habana.

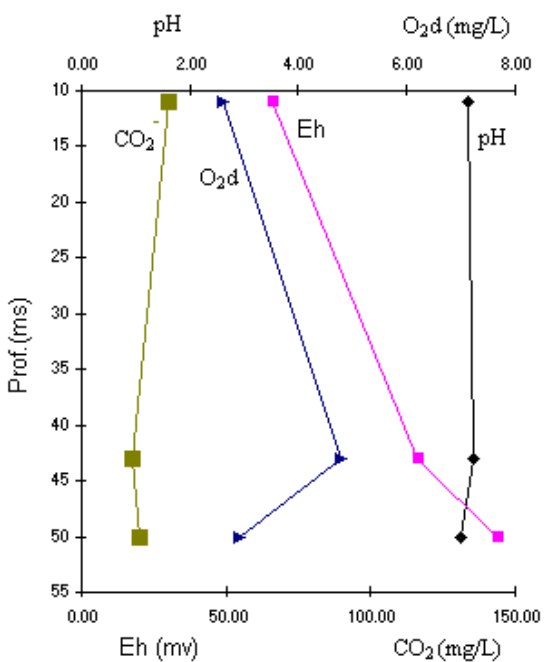
a) Playa Cajío (200 m del mar)



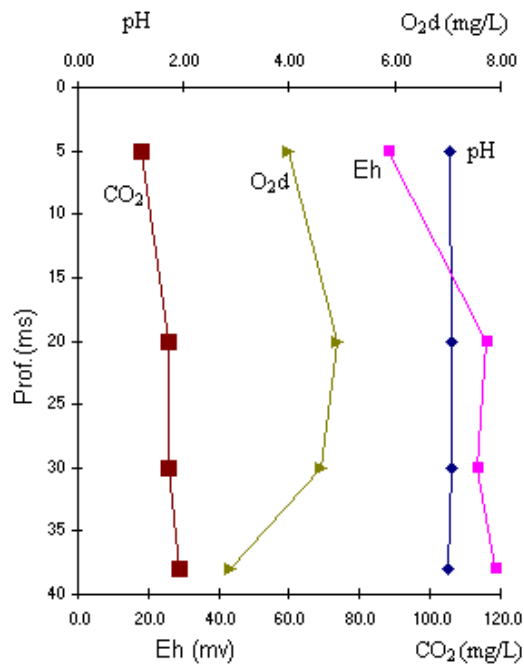
b) Alvaro Barba (2500 m del mar)



d) Sotolongo Díaz (9000 m del mar)



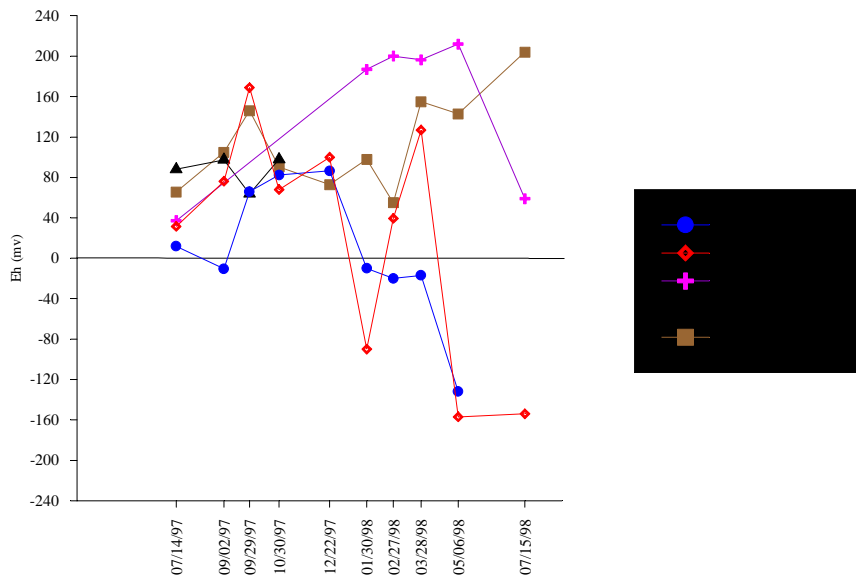
c) Santa Ana (4900 m del mar)



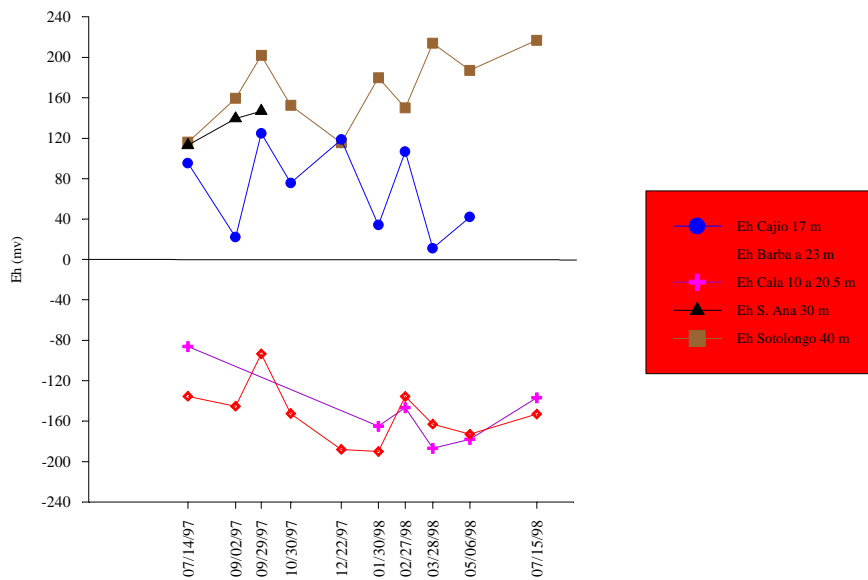
**Figura 1.** Resultados de los principales registros físico-químicos realizados en el acuífero Güira-Quivicán (14 de julio de 1997)



(a) Baja salinidad (zonas II y III)



(b) Zona de mezcla (IV)



**Figura 2.** Variación temporal del Eh (mV) en las diferentes zonas hidrogeoquímicas diferenciadas en el acuífero Güira-Quivicán, Cuenca Sur de La Habana

(c) Agua salada (zona V)

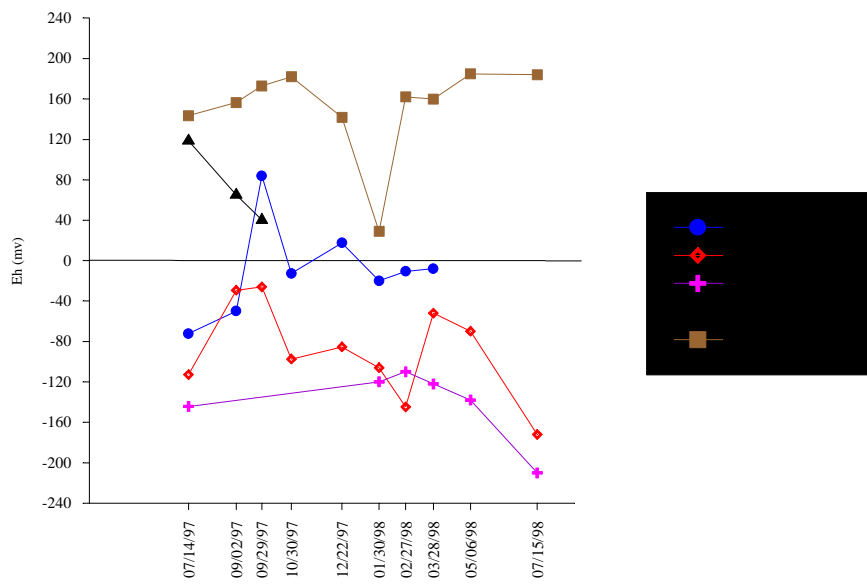
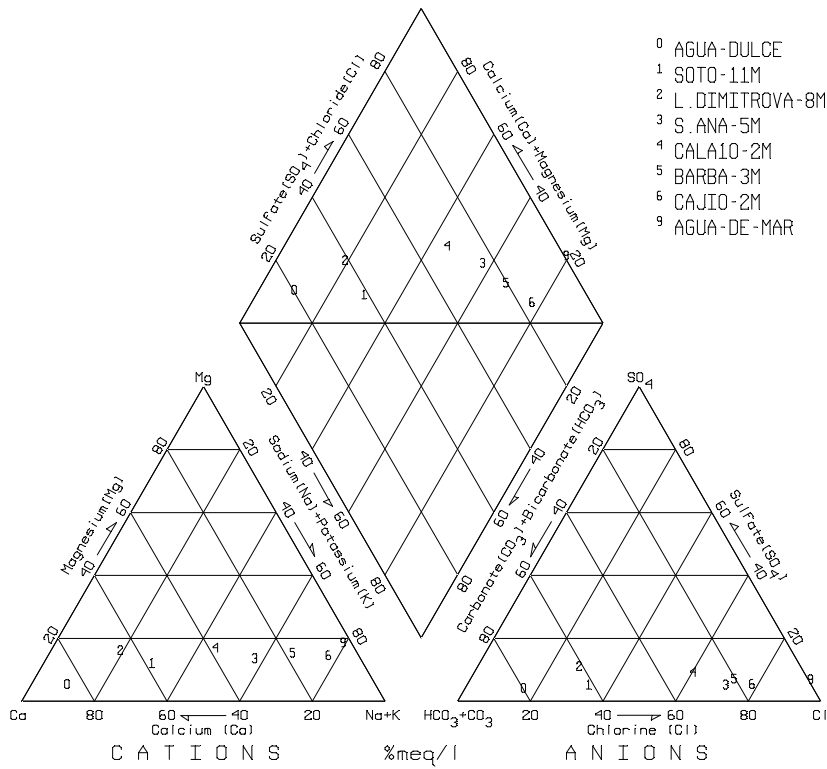


Figura 2 (continuación)

a) Zona de agua con baja salinidad.



b) Zona de mezcla, parte alta.

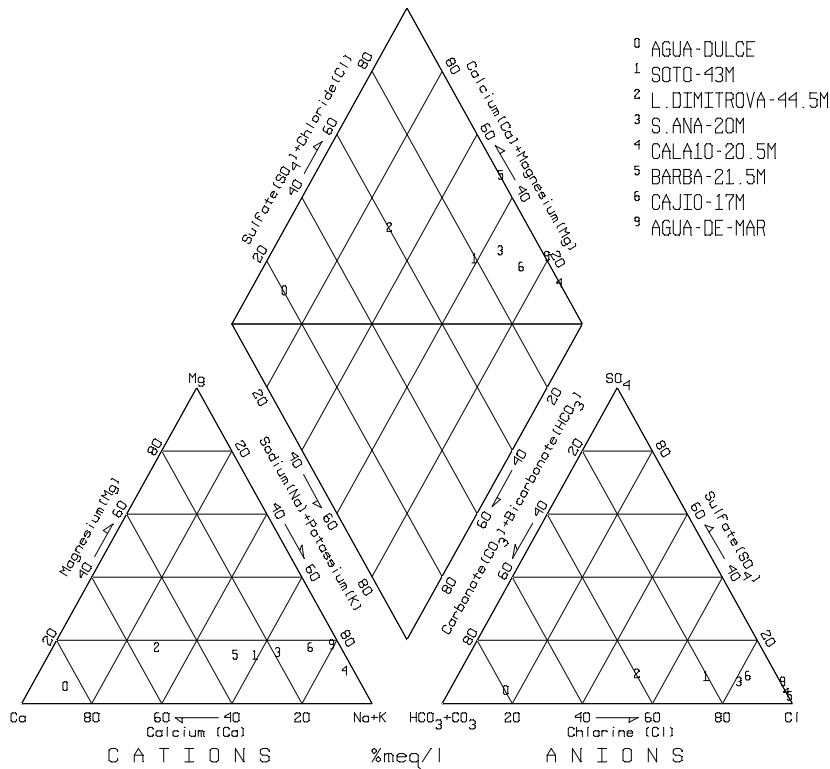
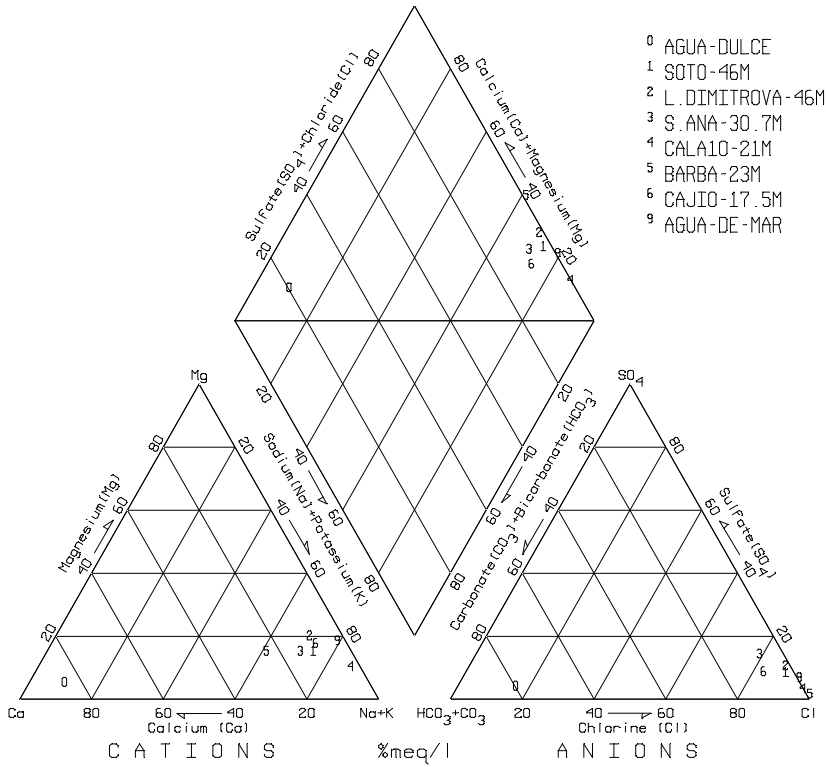


Figura 3. Diagrama de Piper-Hill-Langelier para las facies hidroquímicas de las zonas diferenciadas en el acuífero Güira-Quivicán, Cuenca Sur de La Habana

c) Zona de mezcla, parte baja.



d) Zona de agua salada.

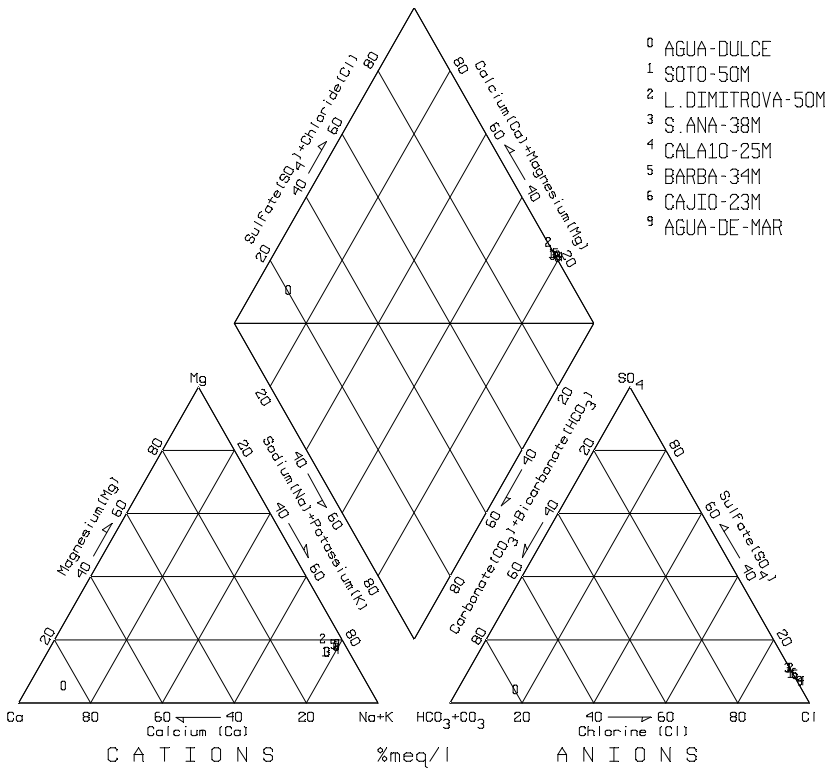
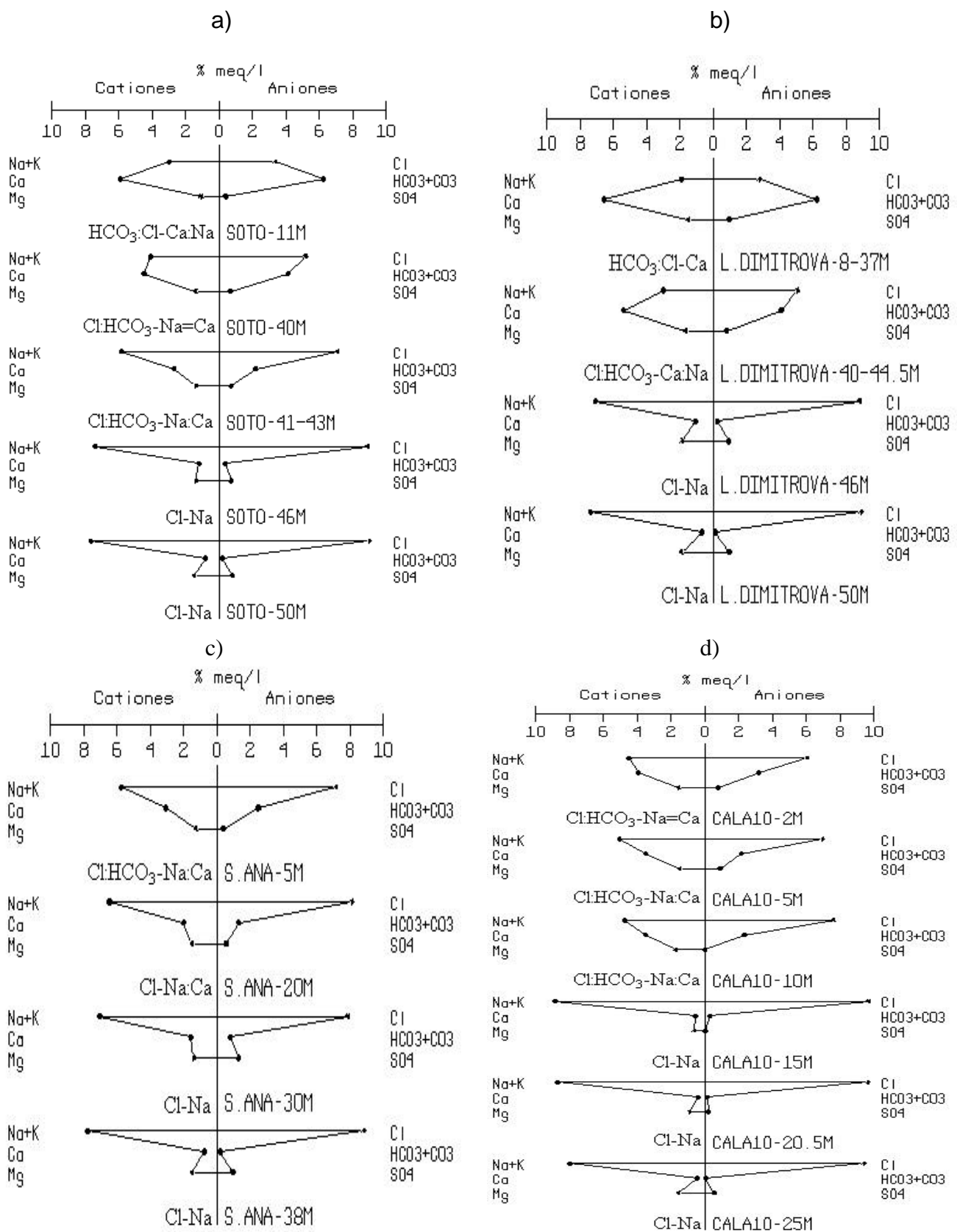
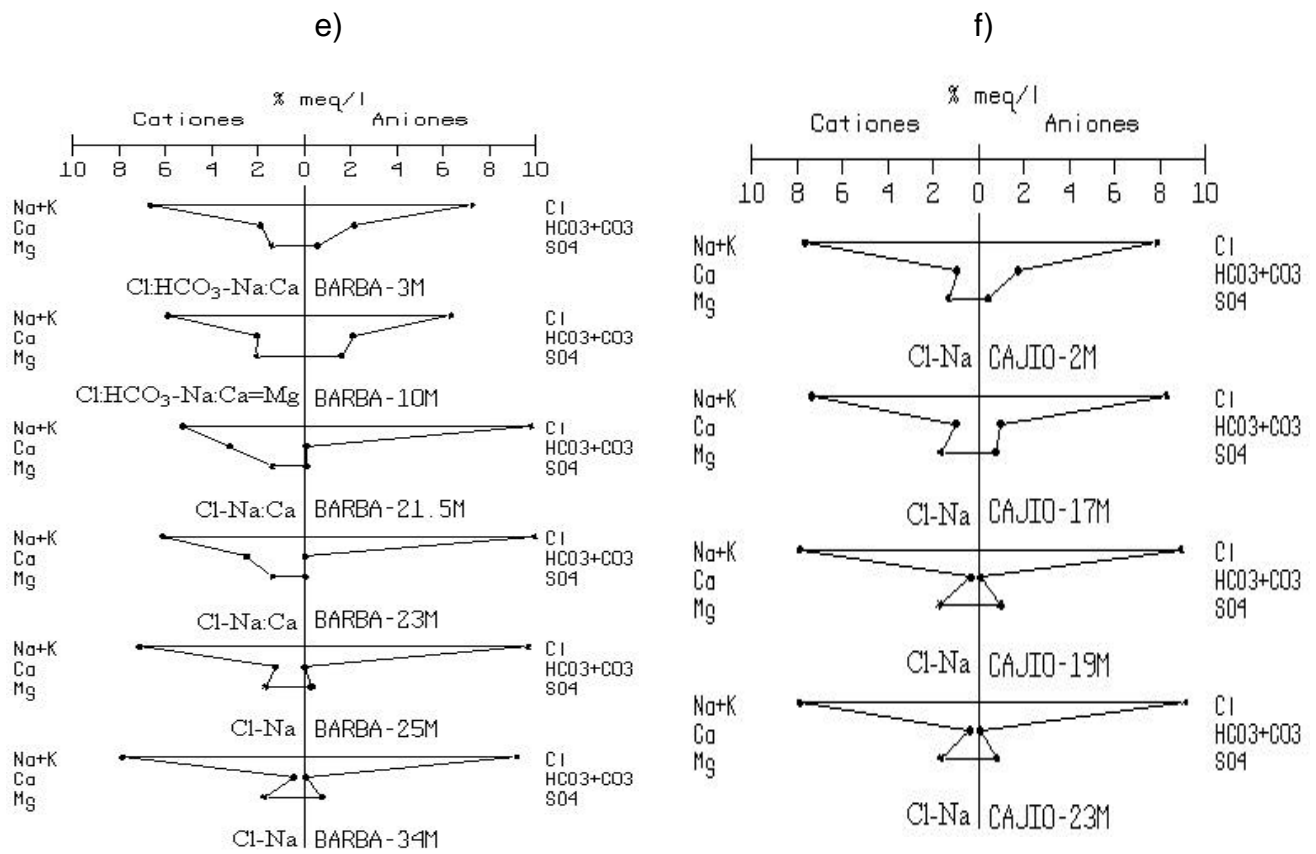


Figura 3 (continuación)



**Figura 4.** Diagramas de Stiff a diferentes profundidades en los pozos de control hidroquímico del acuífero Güira-Quivicán, Cuenca Sur de La Habana. (a) Sotolongo Díaz, (b) Liliana Dimitrova, (c) Santa Ana, (d) Cala 10, (e) Álvaro Barba, (f) Playa Cajío



**Figura 4** (continuación)

Zona hidrogeoquímica (porcentaje de mezcla)	Nombre del pozo (profundidad en m)	Patrón hidroquímico	Clasificación hidroquímica	
Zona de agua dulce (I)	Rancherita (20 m)	1:8:1-1:8:1	HCO <sub>3</sub> -Ca	
Zona de agua dulce muy poco salinizada (II) (0.2-2.1 %)	Sotolongo Díaz (10-11 m)	2:7:1-3:6:1; 4:5:1-2:7:1 3:6:1-4:5:1; 2:7:1-2:7:1	HCO <sub>3</sub> :Cl-Ca:Na	
	Liliana Dimitrova (8-37-40 m)	2:7:1-1:8:1; 3:6:1-1:8:1 7:2:1-2:7:1; 6:3:1-3:6:1	HCO <sub>3</sub> :Cl-Ca Cl:HCO <sub>3</sub> -Ca:Na	
	Cala 10 (2-10 m)	2:7:1-7:2:1; 3:6:1-5:4:1	HCO <sub>3</sub> :Cl-Na:Ca	
		7:2:1-5:5:0; 6:3:1-5:5:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na=Ca;	
		7:2:1-6:3:1; 5:4:1-7:2:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Ca	
		7:2:1-2:7:1; 6:3:1-3:6:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Ca:Na	
		7:2:1-3:5:2; 6:3:1-3:5:2	Cl:HCO <sub>3</sub> -Ca:Na:Mg	
		5:2:3-7:2:1; 5:2:3-6:3:1	Cl:SO <sub>4</sub> :HCO <sub>3</sub> -Na:Ca	
	Zona de agua dulce ligeramente salinizada (III) (0.8-5.0 %)	Sotolongo Díaz (40-41 m)	5:5:0-3:6:1; 5:5:0-2:7:1	Cl=HCO <sub>3</sub> -Ca:Na
			7:2:1-6:3:1; 5:4:1-7:2:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Ca
Santa Ana (5-12 m) Cala 10 (5 m)		7:2:1-5:5:0; 6:3:1-5:5:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na=Ca	
		7:2:1-2:7:1; 6:3:1-3:6:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Ca:Na	
		2:2:6-6:3:1; 2:2:6-7:2:1	SO <sub>4</sub> :Cl=HCO <sub>3</sub> -Na:Ca	
		7:2:1-6:3:1; 5:4:1-7:2:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Ca	
Álvaro Barba (3-10-15-20 m)		7:2:1-6:3:1; 5:4:1-7:2:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Ca	
		7:2:1-6:3:1; 5:4:1-7:2:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Ca;	
		7:2:1-8:1:1; 5:4:1-8:1:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na	
		7:2:1-6:1:3; 5:4:1-7:1:2	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Mg;	
Playa Cajío (2-15 m)	7:2:1-6:2:2; 6:3:1-6:2:2	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Ca=Mg; Cl- Na		
	8:1:1-8:1:1	Cl-Na		
Zona de mezcla agua dulce-agua salada (IV a) (2 – 23.7 %)	Sotolongo Díaz (43-46 m)	7:2:1-6:3:1; 5:4:1-7:2:1 8:1:1-8:1:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Na:Ca Cl-Na	
	Liliana Dimitrova (44.5 m)	7:2:1-2:7:1; 6:3:1-3:6:1	Cl:HCO <sub>3</sub> -Ca:Na	
	Santa Ana (20-30 m)	8:1:1-7:2:1-8:1:1-6:3:1	Cl-Na:Ca	
		7:1:2-8:1:1; 6:1:3-8:1:1	Cl:SO <sub>4</sub> :Na	
	Cala 10 (15-20.5 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Álvaro Barba (21.5 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Playa Cajío (17 m)	8:1:1-7:2:1-8:1:1-6:3:1 8:1:1-7:1:2; 8:1:1-6:1:3	Cl-Na:Ca Cl-Na:Mg	
Zona de mezcla agua dulce-agua salada (IV b) (20.3 – 61.8 %)	Sotolongo Díaz (47 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Liliana Dimitrova (46 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Santa Ana (30.7 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Cala 10 (21 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Álvaro Barba (23 m)	8:1:1-7:2:1-8:1:1-6:3:1	Cl-Na:Ca	
	Playa Cajío (17.5 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
		8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
Zona de agua salada (V) (43.5-100 %)	Sotolongo Díaz (50.5 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Liliana Dimitrova (47 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Santa Ana (38 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Cala 10 (25 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
	Álvaro Barba (25-34 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	
Playa Cajío (19-23 m)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na		
Agua de mar (VI) 100 %	Costa Sur (Playa Cajío)	8:1:1-8:1:1	Cl-Na	

**Tabla 1.** Tipos de aguas y patrones hidrogeoquímicos presentes en el acuífero Güira-Quivicán, Cuenca Sur de La Habana