

# SECTORIZACIÓN DE LAS AGUAS NATURALES Y MINEROMEDICINALES DE LAS MONTAÑAS DE LA SIERRA DEL ROSARIO Y LAS ALTURAS DEL MARIEL

*Patricia González Hernández<sup>1</sup>, Maritza Llerena Portilla<sup>3</sup>, Margaret Suárez Muñoz<sup>1</sup>, Juan R. Fagundo Castillo<sup>1</sup>, Clara Melián Rodríguez<sup>1</sup>, Barbara Luna Saucedo<sup>2</sup>, Irminia Herrera Martínez<sup>4</sup>.*

1. Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina". Ave: 243, No 19815, Fontanar, Boyeros Ciudad Habana. C.P 19250. E-mail [Patricia@rsrch.isctn.edu.cu](mailto:Patricia@rsrch.isctn.edu.cu)
2. Centro Nacional de Investigaciones Científicas
3. Instituto de Geografía Tropical.
4. Laboratorio Central de Criminalista.

## RESUMEN

*En este trabajo se presenta el potencial de fuentes de aguas naturales, minerales y mineromedicinales, que se encuentran presentes en la subregión natural de las Montañas de la Sierra del Rosario y las Alturas del Mariel, haciéndose una sectorización de las mismas de acuerdo a las características geográficas, geológicas, hidrogeológicas de la zona de estudio y las características hidrogeoquímicas de estas aguas. Este trabajo permite la agrupación de todo este potencial de aguas naturales, minerales y mineromedicinales para un mejor estudio y uso racional de las mismas.*

**Palabras claves:** sectores, aguas naturales, aguas minerales

## ABSTRACT

*In this work it is presented the potential of natural, minerals and mineromedicinal waters sources which are present in the natural subregion of the Rosario's Sierra and the Heights of Mariel. A sectorization is made of these waters according to the geographical, geologic, hydrogeological, and the hydrogeochemical characteristics of the area. This work also allows the grouping of all this potential of natural, minerals and mineromedicinal waters for best results in its rational use.*

**Key words:** sectors, natural waters, mineral waters

## INTRODUCCIÓN

El área de estudio (Fig. I) está ubicada en la región centro-oriental de la provincia de Pinar del Río y la parte más occidental de la provincia La Habana (Gutiérrez y Glean, 1999), limitada al oeste por las montañas de La Sierra de los Organos, al este por la Llanura del Norte de La Habana, al norte por la Llanura Norte de Pinar del Río y el Mar Atlántico, y al sur por la Llanura Sur de Pinar del Río. Este territorio ocupa una extensión aproximadamente de 1 125 km<sup>2</sup> comprendiendo los municipios de La Palma, Bahía Honda, Los Palacios, San Cristóbal, Candelaria en la provincia de Pinar del Río y los municipios occidentales de Artemisa, y Mariel en la Provincia La Habana.

Las regiones naturales contempladas en esta área (de acuerdo a la regionalización físico-geográfica de José Mateo y M. Acevedo, en: Gutiérrez y Glean, 1999), comprende la subregión de las Montañas de la Sierra del Rosario y la subregión de Las Alturas del Mariel.

La geología del área de estudio se caracteriza por una complejidad litológica y estructural, como consecuencia del desplazamiento y transporte tectónico de rocas ocurrido durante el Eoceno Medio (Rodríguez et al, 1989).

Desde el punto de vista hidrogeológico se pueden distinguir varios sistemas de acuíferos: a) Complejo acuífero de las rocas efusivo-sedimentarias (Cretácico) b) Complejo acuífero asociado a las rocas ultrabásicas (Mesozoico), c) Complejo acuífero asociado a materiales terrígeno-

carbonatados del Paleógeno; d) Sistemas acuíferos desarrollados en las calizas del Cretácico; e) Zona de las aguas minerales y f) Complejos acuíferos asociados a las pizarras y esquistos arcillo arenosos (Jurásico-Cretácico).

Debido a las características geológicas e hidrogeológicas de esta área, existe un potencial muy rico en recursos hídricos de diferentes tipos, los cuales pueden ser utilizados como fuente de bienestar socioeconómico, para bebida, abasto a la agricultura, con fines acuícolas y para curas de diferentes afecciones. Una gran parte de estos recursos poseen acciones favorables al organismo humano y pueden administrarse como bebida (aguas naturales y minerales de baja mineralización), con fines terapéuticos (alta y media mineralización), y también pueden ser utilizadas como fuentes materias primas de minerales (aguas minerales industriales) o como fuente energética (aguas termales). De aquí la importancia que presenta el estudio de estas aguas y la sectorización de las mismas.

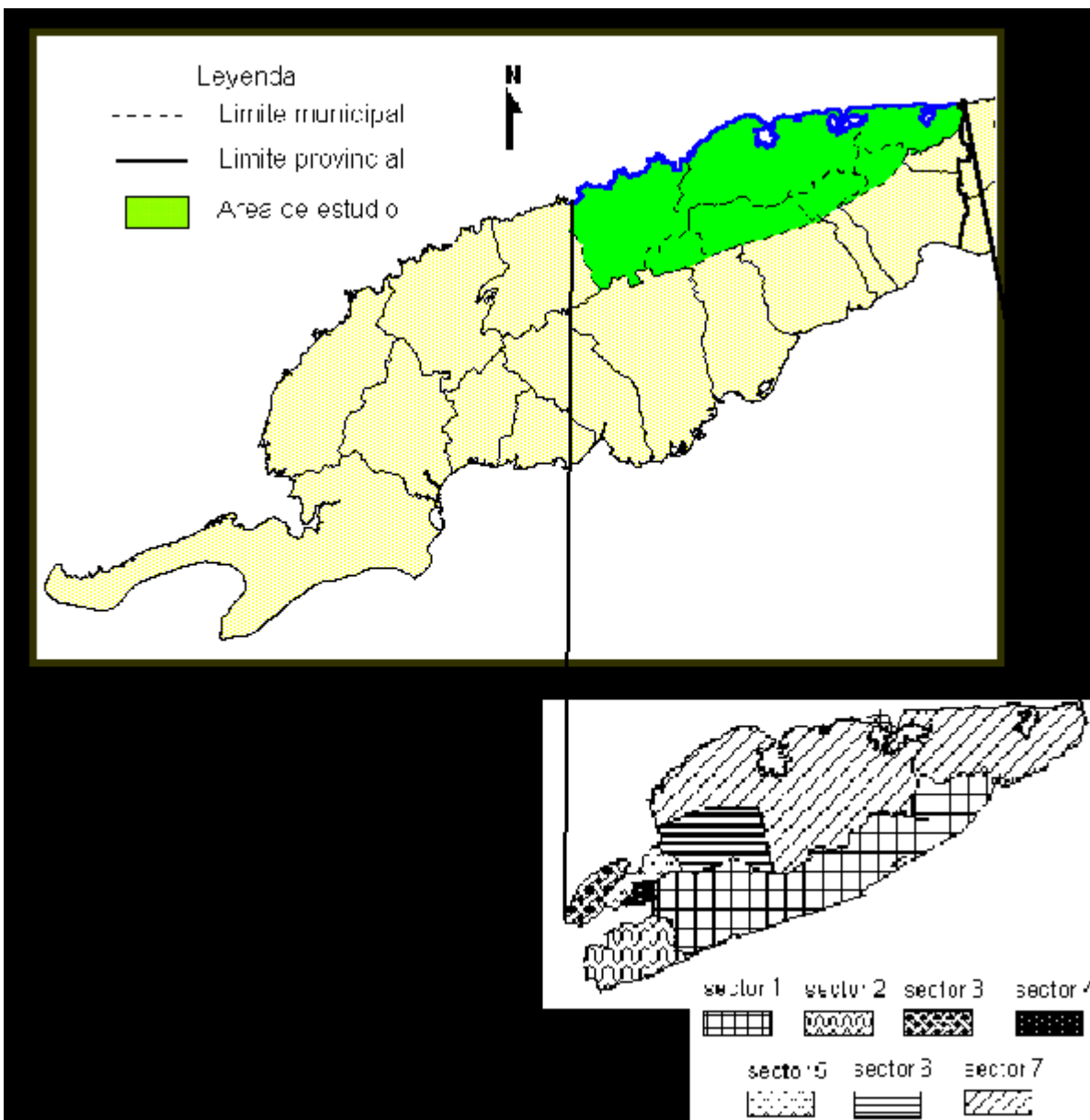


Figura I. Esquema de ubicación del área de estudio y de los diferentes sectores: **Sector 1:** Cayajabos-Las Terrazas-San Cristóbal (Artemisa, Candelaria, San Cristóbal); **Sector 2:** San Diego-Bermejales (Los Palacios); **Sector 3:** Cajalbana-El Sitio (La Palma); **Sector 4:** Mil Cumbres (La Palma); **Sector 5:** Pan de Guajaibón (La Palma, Bahía Honda); **Sector 6:** Rancho Lucas-Cacarajícara (Bahía Honda); **Sector 7:** Mariel-Cabañas (Mariel, Bahía Honda).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron datos de muestreos realizados por especialistas de Centro de Investigaciones Científicas, el Instituto de Geografía Tropical y la Universidad de Silesia (1984-1989); trabajos de búsqueda detallada y exploración orientativa en la región San Diego de los Baños y Bermejales (Peláez, et al, 1990); trabajos de levantamiento Geológico realizado en la provincia de Pinar del Río en la década del 90 (Martínez, Fernández y otros, 1991); muestras tomadas por los autores en Las Terrazas, entre 1990 y 1991 y finalmente muestras tomadas por los autores en la región de Las Terrazas y otras áreas de la Sierra del Rosario en el período 1998-2000.

Las marchas analíticas se efectuaron mediante las técnicas analíticas estándar (APHA, AWWA, WPCF, 1996) adaptadas a condiciones de campo. El procesamiento de datos se llevó a cabo mediante Microsoft Excel 97 y los gráficos de Piper-Hill se crearon mediante el software ROKWARE 2.0 (1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.-Sector Cayajabos-Las Terrazas-San Cristóbal (Artemisa, Candelaria, San Cristóbal)

Este sector se caracteriza por la presencia de aguas hipotermales y mesotermales, bicarbonatadas cálcicas sulfuradas, bicarbonatadas mixtas sulfuradas y bicarbonatadas sódicas sulfuradas. Poseen diferente mineralización (baja, media y alta). Como denominador común puede considerarse la presencia de  $H_2S$ . El origen de estas aguas es meteórico y sus diferencias se deben a las distintas rocas que drenan: calizas de la Fm. Artemisa (Jurásico-Cretácicas), rocas ultrabásicas serpentinizadas de la asociación ofiolítica del Mesozoico, areniscas y margas de la Fm. Manacas (Paleógeno) y areniscas y esquistos de la Fm. San Cayetano (Jurásico). La porción más occidental de este sector se caracteriza por la presencia de aguas superficiales y subterráneas (surgencias y resurgencias) asociadas al drenaje de los macizos carbonatados de la Fm. Artemisa. Sus aguas son de tipo bicarbonatadas cálcicas de mediana mineralización. A continuación se encuentran, en forma resumida, las principales características hidroquímicas de estas aguas:

1. Manantial La Pastora (Charco Azul). ( $T= 25\ ^\circ C$ , TSS= 739 mg/l,  $HCO_3$ -Ca,  $H_2S= 13.5$  mg/l).
2. Manantial Pedernales. ( $T= 24\ ^\circ C$ , TSS= 667 mg/l,  $HCO_3$ -Ca> Na,  $H_2S= 19.2$  mg/l).
3. Pozo Pedernales ( $T= 23\ ^\circ C$ , TSS= 713 mg/l,  $HCO_3$ -Ca,  $H_2S= 19.2$  mg/l).
4. Pozo El Brocal ( $T= 25\ ^\circ C$ , TSS= 473 mg/l,  $HCO_3$ -Ca>Mg,  $H_2S= 6.9$  mg/l).
5. Manantial San Juan, sulfuroso ( $T= 27\ ^\circ C$ , TSS= 609 mg/l,  $HCO_3$ - Ca>Mg,  $H_2S= 8.6$  mg/l).
6. Manantial San Juan, no sulfuroso ( $T= 24\ ^\circ C$ , TSS= 528 mg/l,  $HCO_3$ - Ca,  $H_2S= 0$  mg/l).
7. Manantial Pozo Azul ( $T= 30\ ^\circ C$ , TSS= 527 mg/l,  $HCO_3$ - Ca>Mg,  $H_2S=1.5$  mg/l).
8. Manantial Soroa ( $T= 25\ ^\circ C$ . TSS= 549 mg/l.  $HCO_3$ -Ca >Mg>Na.  $H_2S= 14.0$  mg/l).
9. Manantial Rancho Mar ( $T= 25\ ^\circ C$ , TSS= 1909 mg/l,  $HCO_3$ >Cl-Na,  $H_2S = 87$  mg/l).
10. Manantial Charco Azul ( $T= 24.8\ ^\circ C$ , TSS= 853 mg/l,  $HCO_3$ -Ca>Na,  $H_2S = 19.0$  mg/l).
11. Manantial Santa Cruz N° 1 ( $T= 23\ ^\circ C$ , TSS= 0 391 mg/l,  $HCO_3$ -Ca,  $H_2S = 0$  mg/l).
12. Manantial Santa Cruz N° 2 ( $T = 22\ ^\circ C$ , TSS= 413 mg/l,  $HCO_3$ -Ca,  $H_2S= 0$  mg/l).
13. Resurgencia del Río Taco Taco 1 ( $T= 22\ ^\circ C$ , TSS= 315 mg/l,  $HCO_3$ -Ca,  $H_2S = 0$  mg/l).

14. Arroyo Los Negros 1 (Bacunagua) (T= 24 °C, TSS= 293 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S = 0 mg/l).

En el diagrama de Piper-Hill (Fig. II) se aprecia la presencia mayoritaria de aguas bicarbonatadas, donde el ion bicarbonato alcanza concentraciones entre 60 y 95 % meq/L. El catión predominante es el Ca<sup>2+</sup>, aunque pueden apreciarse muestras donde predominan los iones Na<sup>+</sup>.

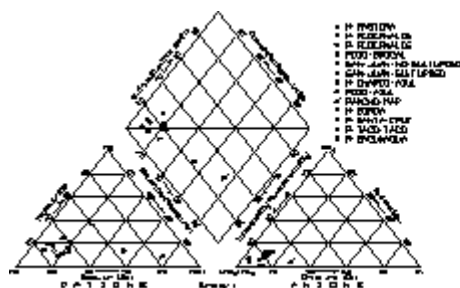


Figura II. Diagrama de Piper-Hill. Sector Cayajabos-Sector San Diego-Las Terrazas-San Cristóbal (Artemisa, Candelaria, San Cristóbal).

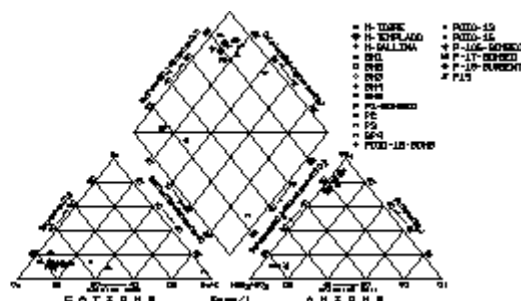


Figura III. Diagrama de Piper-Hill. Bermejales (Los Palacios).

## 2.-Sector San Diego-Bermejales (Los Palacios)

En este sector se encuentra ubicado en el Balneario San Diego de los Baños, el de mayor tradición del país en el tratamiento de diferentes patologías, con instalaciones hoteleras y servicio tanto a la población nacional como extranjera. En la zona de Bermejales existen numerosas casas particulares para veraneo, ubicadas alrededor de los manantiales y no se hace una adecuada utilización de estos recursos.

De origen meteórico, estas aguas, descienden a mayor profundidades que las del Sector Cayajabos-Las Terrazas-San Cristóbal. Predominan las aguas de tipo sulfatadas cálcicas termales que se originan por procesos de oxidación de piritas, presentes en las propias calizas de la Fm. Artemisa y en las areniscas y esquistos de la Fm. San Cayetano. Esta última litología rinde aguas del tipo bicarbonatadas sódicas de alta mineralización y la mezcla con aguas más someras originan otras de tipo sulfatadas bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas sódicas, en dependencia de la proporción de los miembros extremos de las mezclas. En todos los casos las aguas son sulfuradas.

En la figura III se representa mediante el diagrama de Piper-Hill la composición de estas aguas. Como puede apreciarse, la mayor parte de las muestras presentan un patrón correspondiente a aguas del tipo sulfatada cálcica. Otras tres muestras son del tipo bicarbonatadas cálcicas y una restante del tipo bicarbonatada sódica, destacándose ligeras diferencias. A continuación se hace un resumen de las propiedades de estas aguas:

1. Manantial El Tigre (T= 31 °C, TSS= 1651 mg/l, SO<sub>4</sub> >HCO<sub>3</sub>- Ca, H<sub>2</sub>S= 8 mg/l).
2. Manantial El Templado (T= 36 °C, TSS= 1562 mg/l, SO<sub>4</sub> >HCO<sub>3</sub>- Ca, H<sub>2</sub>S= 12 mg/l).
3. Manantial La Gallina (T= 36 °C, TSS= 1682 mg/l, SO<sub>4</sub>- Ca, H<sub>2</sub>S= 12 mg/l).
4. Manantial M1 Bermejales (T= 31 °C, TSS= 2385 mg/l, SO<sub>4</sub>- Ca, H<sub>2</sub>S= 39 mg/l).
5. Manantial M2, M3, M4, M5. Bermejales (T= 31 °C, TSS= 2330 mg/l, SO<sub>4</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 34 mg/l).
6. Pozo P1 San Diego (T= 35.7 °C, TSS= 2818 mg/l, SO<sub>4</sub>- Ca, H<sub>2</sub>S= 26 mg/l).

7. Pozo 4- Bermejales (T= 30 °C, TSS= 1147 mg/l, HCO<sub>3</sub>- Na, H<sub>2</sub>S= 24 mg/l).
8. Manantial Los Portales (T= 27 °C, TSS= 1233 mg/l, SO<sub>4</sub> >HCO<sub>3</sub>-Ca >Na, H<sub>2</sub>S= 5 mg/l).
9. Pozo P2 (T= 30 °C, TSS= 516 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
10. Pozo P3 (T= 25.9 °C, TSS= 536 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
11. Pozo P13 (T= 30 °C, TSS= 591 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca >Na, H<sub>2</sub>S= 46.3 mg/l).
12. Pozo P16 (T= 34 °C, TSS= 2874 mg/l, SO<sub>4</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 26.6 mg/l).
13. Pozo P17 (T= 33.5 °C, TSS= 2680 mg/l, SO<sub>4</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 26.8 mg/l).
14. Pozo P18 (T= 35 °C, TSS= 1017 mg/l, SO<sub>4</sub>-Ca >Na, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
15. Pozo P19 (T= 34 °C, TSS= 1499 mg/l, SO<sub>4</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 7.4 mg/l).

### 3.-Sector Cajalbana-El Sitio (La Palma)

Las aguas de esta región son de tipo superficiales y subsuperficiales de composición bicarbonatadas magnesianas (Fig. IV), lo cual se debe al proceso de intemperismo de las precipitaciones sobre las rocas del complejo ofiolítico, representado por la Sierra de Cajalbana. Son hipotermas, de baja mineralización y ligeramente alcalinas.

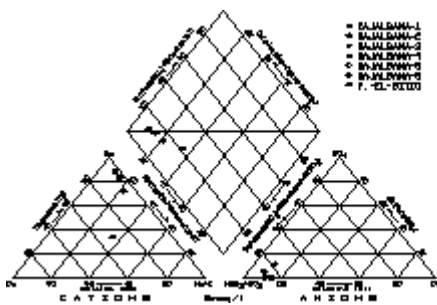


Figura IV. Diagrama de Piper-Hill. Sector Cajalbana- Sector El Sitio (La Palma)

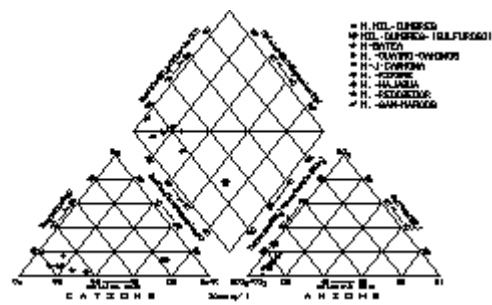


Figura V. Diagrama de Piper-Hill. Mil Cumbres (La Palma).

Por su parte las aguas del pozo El Sitio (Fig. IV) se originan por la interacción con depósitos calcáreos de la Fm. Artemisa (Jurásico-Cretácico), zonas de brecha tectónicas de la Fm. Manacas y serpentinitas de la asociación ofiolítica. Estas aguas poseen las siguientes características:

1. Manantiales de Cajalbana 1-6 (T= 24 °C, TSS= 307 mg/l, pH=8.5, HCO<sub>3</sub>- Mg, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
2. Pozo El Sitio (T=26 °C, TSS=1229 mg/l, HCO<sub>3</sub>- Na > Mg, > Ca H<sub>2</sub>S= 300 mg/l).

### 4.-Sector Mil Cumbres (La Palma)

En este sector aparecen varios manantiales asociados a las calizas de la Fm. Artemisa, aguas bicarbonatadas cálcicas, así como olitostromas de la Fm. Manacas. Parte de estas aguas son de tipo bicarbonatadas cálcicas y en ocasiones sulfuradas, de mediana mineralización, así como aguas bicarbonatadas mixtas (Fig. V). Estas últimas son las aguas asociadas al drenaje profundo de la formación Manacas, las cuales emergen a la superficie a través de fallas. A continuación se describen las características de estas fuentes:

1. Manantial Azufre de Mil Cumbres T=30 °C, TSS=1300 mg/l, HCO<sub>3</sub> > SO<sub>4</sub>- Na, H<sub>2</sub>S= 10 mg/l).
2. Manantial Mil Cumbres (T= 24 °C, TSS= 450 mg/l, HCO<sub>3</sub>- Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).

3. Manantial Kíquere (T= 23 °C, TSS= 438 mg/l, HCO<sub>3</sub>- Ca>Na, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
4. Manantial Recogedor (T= 24 °C, TSS= 517 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
5. Manantial Majagua (T= 25 °C, TSS= 735 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca>Na, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
6. Manantial Batea (T= 22 °C, TSS= 505 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
7. Manantial El Cuatro Caminos (T= 26 °C, TSS= 472 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
8. Manantial Julio Carmona (T= 23 °C, TSS= 415 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
9. Manantial San Marcos (T= 24.2 °C, TSS= 703 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).

### **5.-Sector Pan de Guajaibón (La Palma, Bahía Honda)**

Se trata de una serie de surgencias y resurgencias cársicas que drenan desde acuíferos colgados, situados en la zona no saturada o de aireación de los macizos carbonatados y en los sedimentos calcáreos del valle San Juan de Sagua. Sus aguas son bicarbonatadas cálcicas (Fig. VI) hipotermiales de mediana mineralización y ausentes de H<sub>2</sub>S. Están asociadas a las calizas de la Fm. Guajaibón. Relacionadas a estas aguas se encuentran aquellas que drenan los sedimentos terrígenos de origen vulcanógeno antes de interceptar el macizo carbonatado. Su composición es del tipo bicarbonatada cálcico sódica (Sumidero Mamey, arroyo la Sed y Manantial Fluoresceína). Son representativas de estas aguas las siguientes:

1. Sumidero Mamey (T= 23.3 °C, TSS = 406 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca-Na, H<sub>2</sub>S =0 mg/l)
2. Surgencia Ancón (T= 23 °C, TSS= 305 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S = 0 mg/l)
3. Resurgencia Ancón (T= 23.2 °C, TSS= 345 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S = 0 mg/l)
4. Resurgencia Canilla (T= 22.6 °C, TSS= 271 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S = 0 mg/l)
5. Manantial de los Mameyes (T= 21 °C, TSS= 324 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S = 0 mg/l)
6. Manantial Aguada Cuchillas de Sagua (T= 23 °C, TSS= 417 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S = 0 mg/l)
7. Manantial Conuco de la Bija (T = 21 °C, TSS = 393 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
8. Manantial Arroyo Mineros (T= 21°C, TSS=300 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
9. Arroyo Loma Vieja (T= 20.2 °C, TSS=473 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
10. Manantial Aguada de la Macagua (T= 25 °C, TSS= 592 mg/l, HCO<sub>3</sub>- Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
11. Manantial Fernando (T=23°C, TSS=400 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
12. Manantial La Curra (T=23°C, TSS=406 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
13. Manantial Caimito (T=24°C, TSS=432 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca > Mg, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
14. Manantial Azufre del Caimito (T=24°C, TSS=446 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=1 mg/l).
15. Arroyo La Sed (T=23.4 °C, TSS= 137 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca>Na, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).
16. M. Fluoresceína (T=23.6 °C, TSS= 517 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca>Na, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l).

### **6.-Sector Rancho Lucas-Cacarajícara (Bahía Honda)**

Se trata de manantiales que emiten en la zona más profunda del carso. Están asociadas a las calizas y materiales terrígenos de la Fm. Cacarajícara que afloran en Sierra Azul. Ocurren en este sector aguas minerales hipotermiales bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcicas hipotermiales de mediana mineralización, con sulfuros en algunos casos (Fig. VII). Sus características hidroquímicas son las siguientes:

1. Manantial Azufre Cacarajícara (T= 26 °C, TSS= 948 mg/l, HCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>-Ca>Na, H<sub>2</sub>S= 8.1 mg/l)
2. Manantial Cacarajícara (T= 26.1 °C, TSS= 316 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
3. Manantial Lucas 1 (T= 22 °C, TSS= 348 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
4. Manantial Lucas 2 (T=24 °C, TSS=485 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)
5. Manantial Rancho Lucas 2 (T=24.1 °C, TSS= 513 mg/l, HCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>-Ca>Na, H<sub>2</sub>S=0 mg/l)

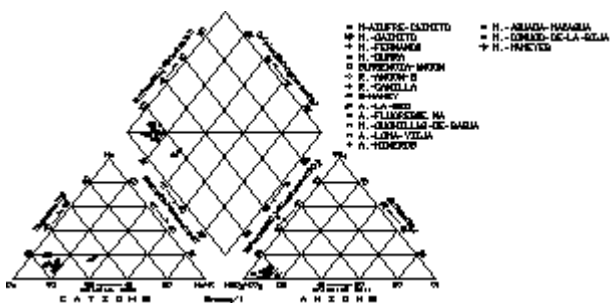


Figura VI. Diagrama de Piper-Hill. Sector Pan de Guajaibón (La Palma, Bahía Honda).

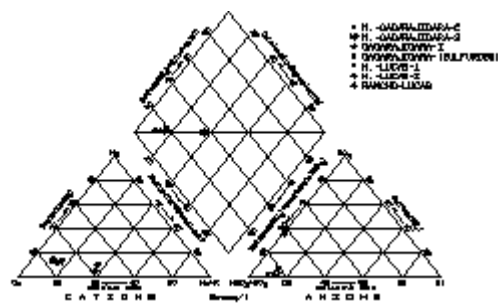


Figura VII. Diagrama de Piper-Hill Sector Rancho Lucas-Cacarajícara (Bahía Honda)

## 7.-Sector Cabaña-Mariel (Bahía Honda-Mariel)

Las aguas de este sector se caracterizan por presentar, por lo general, alta mineralización y composición variada (Fig. VIII). Se relacionan con las arenisca, aleurolitas y conglomerado de la Fm. Capdevila (Paleógeno) así como areniscas, aleurolitas, argilitas, calizas, tobas y otras rocas de las formaciones Quiñones y Orozco del Cretácico. Los diagramas de Piper-Hill (Fig. VIII) muestran varios patrones correspondientes a aguas bicarbonatadas sódicas, bicarbonatadas mixtas, cloruradas, sulfatadas mixtas, etc.

Debido al alto contenido de bicarbonato de sodio de la mayoría de estas aguas, las mismas pueden ser utilizadas como medio de cultivo de las microalgas del género *Spirulina*.

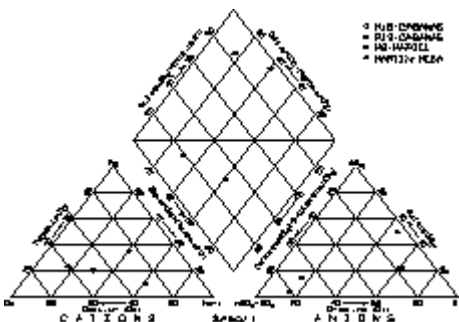


Figura VIII. Diagrama de Piper-Hill. Sector Mariel-Cabañas (Mariel, Bahía Honda).

También están representadas en esta zona las aguas mineromedicinales del antiguo Balneario Martín Mesa, de mediana mineralización, composición bicarbonatada cálcica sódica, magnesiana y presencia de H<sub>2</sub>S.

A continuación se detallan algunas aguas correspondientes a este sector:

1. Manantial 16, Cabañas (T= 225.9 °C, TSS= 995 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Na>Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l)
2. Pozo 13, Cabaña (T= 27 °C, TSS= 1137 mg/l, SO<sub>4</sub>> Cl- Na> Mg> Ca, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l)
3. Manantial 8, Mariel (T= 27 °C, TSS= 1233 mg/l, Cl> SO<sub>4</sub>- Ca> Mg, H<sub>2</sub>S= 0 mg/l)
4. Manantial Martín Mesa (T= 27 °C, TSS= 790 mg/l, HCO<sub>3</sub>-Ca>Na>Mg, H<sub>2</sub>S= 5.9 mg/l)

## CONCLUSIONES

La composición química de las aguas que emergen a través de manantiales o pozos perforados en la región objeto de estudio está controlada principalmente por la litología local, la fracturación asociada a las fallas y contactos tectónicos lo cual condiciona las características geomorfológicas de la región y el régimen de lluvia.

Las aguas que drenan los sedimentos terrígenos de las Alturas del Mariel (Formación Capdevila, Peñalver y Orozco), son fundamentalmente de tipo bicarbonatadas sódicas no sulfurosas (Mariel-Cabañas), con mineralización del orden de 1g/l. En la localidad de Martín Mesa (Formación Martín Mesa), ocurren, asociadas a las fallas, aguas minerales bicarbonatadas cálcicas sódicas sulfuradas.

Las aguas de la porción oriental de la Sierra del Rosario, que drenan las calizas de la Formación Artemisa, son fundamentalmente bicarbonatadas cálcicas sulfuradas, con mineralización menor que 1 g/l (Cayajabos-Las Terrazas). En contacto con materiales poco permeables de la Formación Manacas, las aguas son del tipo bicarbonatadas mixtas sulfurosas (Soroa, Pozo El Sitio).

Las aguas asociadas al drenaje profundo, que drenan sedimentos poco permeables (Formación Artemisa-Manacas) son del tipo bicarbonatadas sódicas sulfuradas (Rancho Mar, Manantial Azufre de Mil Cumbres).

Las aguas del drenaje profundo que poseen su zona de alimentación en los sedimentos carbonatados de la Fm. Artemisa y al infiltrarse hacen contacto con los sedimentos poco permeables de la Fm. San Cayetano, son fundamentalmente de tipos sulfatadas cálcicas, sulfatadas bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas mixtas sulfuradas. A este tipo de aguas pertenecen los manantiales del sistema hidrotermal San Diego de los Baños-Bermejales (El Tigre, El Templado, La Gallina, M1-M5 de Los Bermejales) y el manantial Los Portales.

## BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WPCF, (1996). Standars Methods for the Examination of Water and Waste Water.
- Gutiérrez, R. y M. R. Glean (1999). Minigeografía de Cuba. Instituto Cubano del Libro. Ed. Científico Técnica. Ciudad de La Habana, 158 Págs.
- Martínez, D. , R. Fernández y otros (1991). "Informe sobre los resultados del levantamiento geológico y prospección a escala 1:50 000 Pinar-Habana". Tomo 1, Oparte 3: 859-891.
- Peláez, R., Ma. C. Olivárez, R. Núñez, M. Valdivia (1990). Informe para la búsqueda detallada-Exploración orientativa de las aguas minero-medicinales de San Diego de los Baños. Empresa Geominera Pinar del Río.
- ROCKWARE (1995). Rock Ware Inc., Versión 2.0.
- Rodríguez, J.E., F. Cutié, C.M. Cruz, E. Franco y J.R. Fagundo (1989). Hidrología Cársica del Pan de Guajaibón. Sierra del Rosario. Editorial Academia. La Habana, 60 Págs.