

Representación de las propiedades de las aguas mineromedicinales de la Sierra del Rosario.

Margaret Suárez Muñoz¹, Patricia González Hernández¹, Juan Reynerio Fagundo Castillo¹, Maritza Llerena Portilla², Clara Melián Rodríguez¹.

1-Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional (CENAMENT),

2-Instituto de Geografía Tropical (IGT).

¹Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional. Avenida 243 #19815 Reparto Fontanar Boyeros, Ciudad Habana, Cuba. C. P 19250. Tel. FAX: 453599. E-mail: margaret@apache.isctn.edu.cu, patricia@fctn.isctn.edu.cu, juanfag@infomed.sld.cu, clari42es@yahoo.es

RESUMEN: La representación gráfica y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha permitido que los datos de diferentes recursos de aguas minerales de la Sierra del Rosario sean mostrados de forma resumida y que ofrezcan mayor claridad para usuarios experimentados o no, que precisen este tipo de información. En este trabajo con los datos de diferentes campañas de muestro realizadas en la Sierra del Rosario, han sido representadas, según su distribución geográfica algunas de las propiedades físico-químicas, con repercusión directa en las propiedades terapéuticas, de éstas aguas. El trabajo tiene como objetivo mostrar parte de la labor que se ha realizado en la Sierra del Rosario, completando la información existente en esta zona tan rica en recursos termales y procesándola para realizar un atlas de los recursos de la zona y con posterioridad del resto de los recursos del país. En su elaboración se utilizaron diferentes programas hidrogeoquímicos como el SACAN y el HIDROGEOQUIM, paquete de Microsoft Office 98 para Windows y el MAPINFO 6.5 como Sistema de Información Geográfica (SIG). El resultado final muestra diferentes mapas con representaciones de las propiedades de estas aguas, que fueron agrupadas según sus características, para brindar una información gráfica muy útil para la posterior utilización las mismas.

ABSTRACT: The graphic representation and the use of geographic information systems have allowed the presentation of different mineral water data of sierra del rosario. These have permitted a quick and simple way to access to the information offering a higher understanding for users of this kind of information. In this work, with the data of different sampling campaigns in sierra del rosario, the physical-chemical properties of the waters have been represented according to their geographical distribution. The main objective of this work is to show the result of different studies performed in sierra del rosario, completing the existing information in this zone, rich in thermal resources, and processing this information, as a part of an atlas of these resources in the zone, and in future of all the country. In the realization of these maps, were used different hidrogeochemical programs as sacan and hidrogeoquim, the package of microsoft office for windows and mapinfo 6.5 as geographic information system. The final result shows different maps including the physical-chemical properties of the waters, grouped attending to their characteristics which can be useful for the later use of these waters.

Palabras claves: representación, aguas minerales, mineromedicinales, grupo.

Key words: representation, mineral water, mineromedicinal, group.

INTRODUCCIÓN

La Región Montañosa de la Sierra del Rosario constituye una Región Natural desde el punto de vista de la clasificación de los paisajes de Cuba. ¹ Se encuentra ubicada en el sector centro oriental de la provincia de Pinar del Río, extremo occidental de Cuba, limitando en su parte septentrional con la Llanura Norte de Pinar del Río, al oeste con la Sierra de los Órganos y al este con la región de Llanuras y Alturas del Norte de la Habana – Matanzas.

El territorio montañoso ocupa unos 1 125 km², conformado por los municipios pinareños La Palma, Bahía Honda, Los Palacios, San Cristóbal y Candelaria, así como de los municipios habaneros Artemisa y Güanajay (Fig. 1). En el mismo se encuentra localizado el mayor potencial de aguas no alteradas por la acción del hombre.

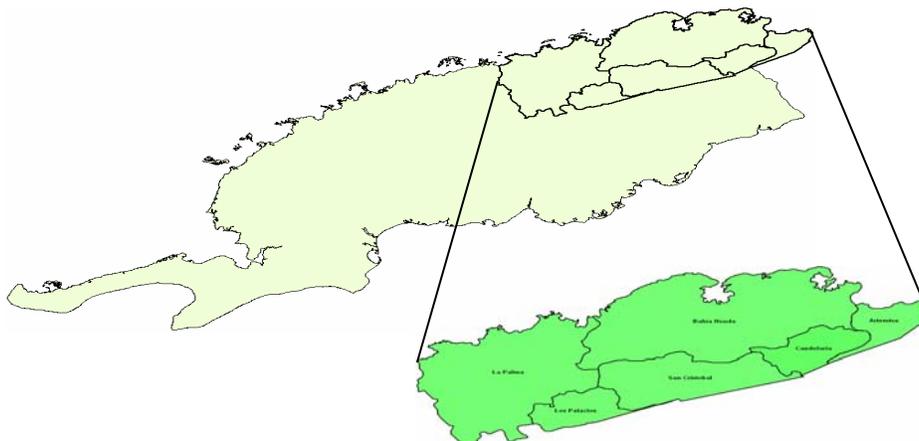


Figura 1. Esquema de ubicación de la Sierra del Rosario

Del análisis de la calidad de las aguas de la Sierra del Rosario, se puede distinguir la existencia de un gran potencial de aguas mineromedicinales² que, atendiendo a la Mineralización Global, Mineralización Predominante y Especial y a la Temperatura, conforman diferentes Grupos Balneológicos.

La representación gráfica y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), han permitido que los datos de diferentes recursos de estas aguas minerales sean representados de forma resumida y que ofrezcan mayor claridad para usuarios experimentados o no, que precisen este tipo de información. Este trabajo tiene como objetivo mostrar parte de la labor que se ha realizado en la Sierra del Rosario, para completar la información existente en esta zona tan rica en recursos termales y que es el preámbulo para realizar un atlas de los recursos de ésta zona y con posterioridad del resto de los recursos del país. Este tipo de representación, permitiría a la Comunidad de la Sierra del Rosario y la dirección gubernamental de la misma, que contarán con información resumida y georeferenciada de alto valor estratégico en la gestión racional del recurso agua, en esta zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inventario de puntos de agua

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron 376 datos hidroquímicos, a partir de muestreos realizados entre los años 1984 y 2002.^{3, 4, 5, 6, 7}

Técnicas analíticas

Las mediciones de los parámetros geoquímicos se realizaron en el campo mediante pHmetro, medidor de temperatura y potencial redox (Eh), modelo HI-8424, marca HANNA y oxímetro modelo HI-914, marca HANNA. Los contenidos de CO₂ y H₂S, así como la alcalinidad total (HCO₃⁻ y CO₃²⁻) fueron también determinados "in situ", mientras que los restantes macro constituyentes (Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺ y Mg²⁺) y componentes trazas se analizaron en el laboratorio antes de las 24 horas de tomadas las muestras, utilizando métodos volumétrico siguiendo las recomendaciones del Standard Methods for the Examination of Wastewater⁸ adaptadas para condiciones de campo.⁹ En el caso de los cationes (Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺), se empleó también la espectrofotometría de absorción atómica, con llama de aire-acetileno (espectrofotómetro de llamas de la PIE UNICAM).

Los componentes minoritarios fueron determinados por ICP en laboratorios especializados de Cuba y el País Vasco.

Confección de los mapas y esquemas

Los mapas, que se presentan fueron confeccionados con ayuda del programa Mapinfo (6.5). Para ello se construyó una base de datos que incluía las coordenadas de cada punto de agua, utilizando otros programas del Paquete de Microsoft Office.

Clasificación hidroquímica y balneológica de las aguas minerales

Para la clasificación química de las aguas minerales, el método más utilizado es el de Kurlov, que toma en cuenta para esos fines, el cual toma en consideración los aniones y cationes que exceden el 20 % de meq/L. Para la clasificación balneológica o terapéutica de las aguas mineromedicinales según la Temperatura, la Mineralización Total, y la Mineralización Predominante y Especial, se toman los criterios establecidos por Armijo y San Martín.^{10, 11, 12} Con respecto a la mineralización especial o componentes bioactivos, se toma los valores límites establecidos por la Norma Cubana de Agua Mineral (NC. 93-01-218. 1995).¹³

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad de un agua natural vendrá definida por la composición química y microbiológica de la misma, referida siempre a un uso en particular. Según las propiedades físico-químicas, hidrogeológicas y tipos hidroquímicos de los puntos de agua más representativos de la Sierra del Rosario que se muestran en la tabla 1, y teniendo en cuenta los parámetros de clasificación de Armijo y San Martín, las mismas se agrupan en 8 grupos fundamentalmente (tabla 2):

1. Bicarbonatadas Cálcidas
2. Bicarbonatadas Magnesianas
3. Bicarbonatadas Sódicas
4. Bicarbonatadas Mixtas, en donde agrupan las bicarbonatadas Cálcidas Sódicas, Cálcidas Magnesianas, Cálcidas Magnesianas Sódicas, Sódicas Cálcidas, y Sódicas Magnesianas Cálcidas.
5. Bicarbonatadas Cloruradas Cálcidas
6. Bicarbonatadas Sulfatadas Mixtas, se agrupan las Bicarbonatadas Sulfatadas Cálcidas Sódicas
7. Sulfatada Cálcida
8. Sulfatada Bicarbonatada Cálcida.

Los resultados obtenidos de la clasificación de esta agua son representados en mapas georeferenciados según el grupo a las que las mismas pertenecen (aunque también pueden ser representados todos los grupos en un mismo mapa).

Tabla 1. Resultados de las principales características físico-químicas de las aguas estudiadas y tipos hidroquímicos. Concentraciones de los iones mayoritarios y TSS en mg/L.

Nombre	Grup.	T °C	TSS	H ₂ S	Q (L/s)	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃	SO ₄ ²⁻	Tipo Hidroquímico
Canilla	1	22.6	271	0.00	0.10	14	49	5	15	179	8	HCO ₃ :Ca
Los Negros	1	24.0	293	0.00	0.10	11	62	10	21	218	2	HCO ₃ :Ca
Taco Taco	1	22.0	315	0.00	0.10	8	63	7	14	209	10	HCO ₃ :Ca
Ancón	1	23.2	345	0.00	0.20	18	63	6	14	222	21	HCO ₃ :Ca
Santa Cruz	1	22.0	413	0.00	0.10	8	63	10	7	221	8	HCO ₃ :Ca
Caimito	1	24.5	432	0.00	0.10	11	80	14	19	290	18	HCO ₃ :Ca
Mil Cumbres	1	24.0	450	0.00	4.30	25	86	5	16	272	44	HCO ₃ :Ca
Caimito Azufre	1	24.5	446	1.00	0.10	10	84	13	6	320	12	HCO ₃ :Ca
Pozo Pedernales	1	23.0	713	19.2	0.10	44	132	12	33	452	56	HCO ₃ :Ca
La Pastora	1	25.0	739	13.5	0.10	31	140	16	46	442	63	HCO ₃ :Ca
Cajalbana	2	24.0	307	0.00	0.10	16	3	52	14	258	14	HCO ₃ :Mg
Pozo 4	3	30.0	1147	23.9	10.00	362	2	13	97	473	120	HCO ₃ :Na
Pozo Brocal	4	25.0	473	6.90	0.70	29	78	12	23	306	24	HCO ₃ :Ca>Na
Pedernales	4	24.0	667	19.1	0.10	47	117	14	39	434	38	HCO ₃ :Ca>Na
Fluoresceína	4	23.6	517	0.00	0.10	48	61	14	17	328	23	HCO ₃ :Ca>Na
Majagua	4	25.0	735	0.00	0.10	68	112	4	20	451	46	HCO ₃ :Ca>Na
Pozo Azul	4	30.0	527	1.50	2.10	21	84	20	9	370	22	HCO ₃ :Ca>Mg
Soroa	4	24.8	549	26.1	5.00	40	59	31	32	384	3	HCO ₃ :Ca>Mg>
Charco Azul	4	24.8	853	19.0	0.10	131	76	18	40	522	66	HCO ₃ :Na>Ca
Mil Cumbres (S ₂)	4	24.1	886	20.9	4.30	177	47	13	81	537	28	HCO ₃ :Na>Ca
Pozo El Sitio	4	26.0	1229	197.0	0.90	115	89	58	54	681	75	HCO ₃ :Na=
Rancho Mar	5	25.0	1909	87.0	5.00	441	81	27	250	1055	54	HCO ₃ >Cl:Na
Cacarajícara	6	26.1	316	0.00	0.10	66	86	10	1	308	142	HCO ₃ >SO ₄ :Ca

Lucas	6	24.1	513	0.00	0.10	55	74	4	1	249	110	HCO ₃ >SO ₄ :Ca
Cacarajícara (S ₂)	6	26.0	948	8.10	0.10	78	98	13	1	360	166	HCO ₃ >SO ₄ :Ca
Gallina	7	36.0	1682	17.3	10.00	29	460	48	36	260	1103	SO ₄ :Ca
Bermejales	7	35.0	2385	39.0	15.00	154	429	52	32	276	1299	SO ₄ :Ca
Pozo 1	7	38.0	2818	27.5	10.00	190	571	61	45	207	1786	SO ₄ :Ca
Pozo 16	7	34.0	2874	26.6		108	502	52	41	213	1415	SO ₄ :Ca
Templado	8	35.0	1562	18.1	15.00	82	318	34	34	317	775	SO ₄ >HCO ₃ :Ca
Tigre	8	35.0	1651	18.0	10.00	66	356	36	32	316	843	SO ₄ >HCO ₃ :Ca

Tabla 2. Principales Grupos Balneológicos

Grupos	Mineralización Predominante y Especial	Temperatura	Mineralización Global
1	Bicarbonatadas	Hipotermiales	Mediominerales
2	Sulfuradas	Hipotermiales	Mediominerales
3	Sulfuradas Bicarbonatadas	Hipotermiales	Mediominerales
4	Sulfuradas, Bicarbonatadas Cloruradas Sódicas	Hipotermiales	Mediominerales
5	Sulfuradas Bicarbonatadas Sódicas	Hipotermiales	Minerales
6	Sulfuradas Bicarbonatadas, Silíceas, , Arsénicas	Hipotermiales	Minerales
7	Sulfuradas Sulfatadas Cálcicas, Fluoruradas, ligeramente Radónicas	Mesotermiales e Hipertermiales	Minerales
8	Sulfuradas Sulfatadas Bicarbonatadas Cálcicas, Fluoruradas, ligeramente Radónicas,	Mesotermiales	Minerales

Grupo 1.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Bicarbonatada Cálcicas, se encuentran ampliamente distribuidas en toda la Sierra del Rosario (Fig. 2). Las aguas de este grupo según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, clasifican como Mediominerales, por su Temperatura como Hipotermiales y entre las mismas podemos encontrar fuentes que por su Mineralización Predominante y Específica clasifican como aguas Sulfuradas Bicarbonatadas, conformando un grupo Balneológico (Caimito Azufre, Pozo Pedernales y la Pastora (Tab. 1)).

Estas características permiten que estas aguas puedan ser utilizadas para suministro doméstico y con fines terapéuticos.

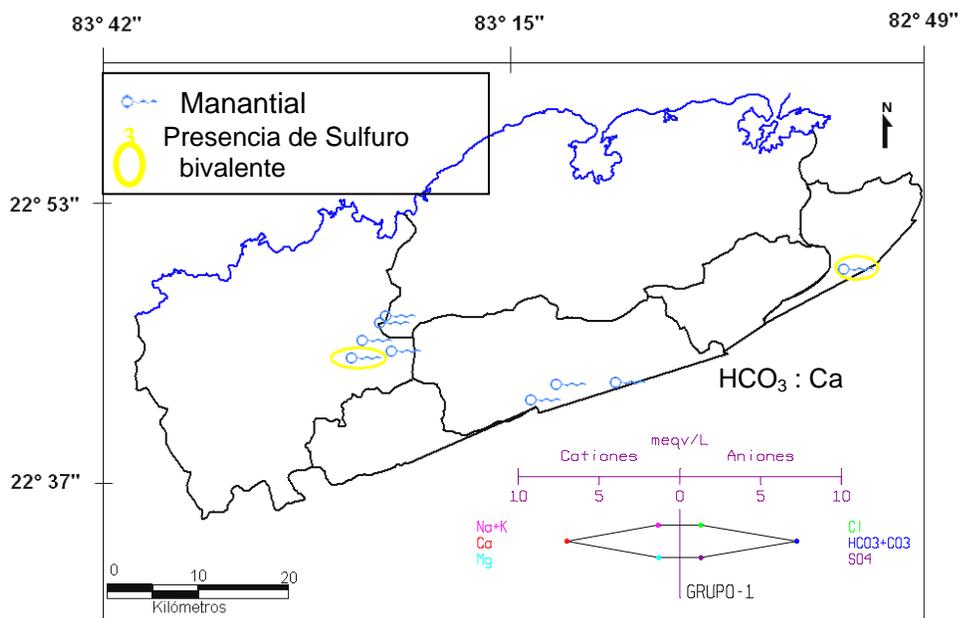


Figura 2. Distribución de las Aguas Bicarbonatadas Cálcicas en la Sierra del Rosario

Grupo 2.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Bicarbonatada Magnesianas, no muy abundantes en la Sierra del Rosario (Fig. 3). Las aguas de este grupo según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, clasifican como Mediominales, por su Temperatura como Hipotermales y por su Mineralización Predominante y Específica no clasifican, pues no presentan componentes bioactivos específicos y las concentraciones (mg/L) de ninguno de los iones mayoritarios rebasa los límites establecidos por la norma de aguas minerales (N. C)

Estas características permiten que estas aguas puedan ser utilizadas sólo para suministro doméstico.

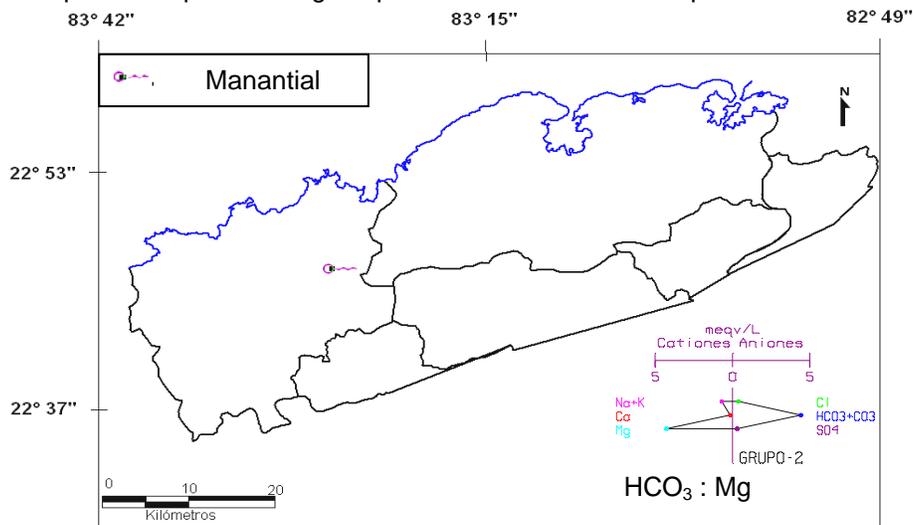


Figura 3. Distribución de las Aguas Bicarbonatadas Magnesianas en la Sierra del Rosario

Grupo 3.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Bicarbonatada Sódicas, no muy abundantes en la Sierra del Rosario (Fig. 4). Las aguas de este grupo según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, clasifican como Minerales, por su Temperatura como Hipotermales y por su Mineralización Predominante y Específica clasifican como Sulfuradas Bicarbonatadas Sódicas, conformando un grupo Balneológico (Pozo 4 (Tab. 2)). Estas características permiten que estas aguas puedan ser utilizadas sólo con fines terapéuticos.

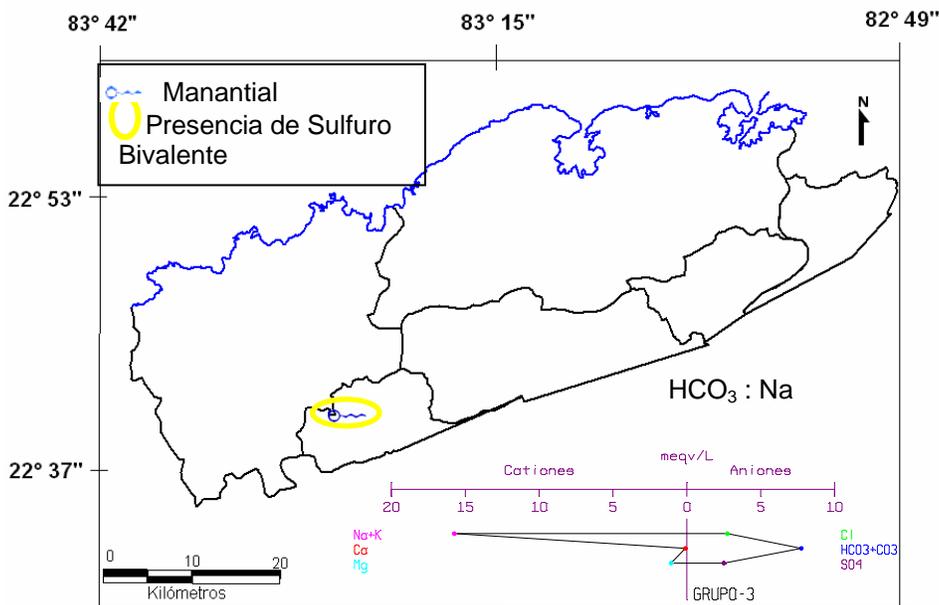
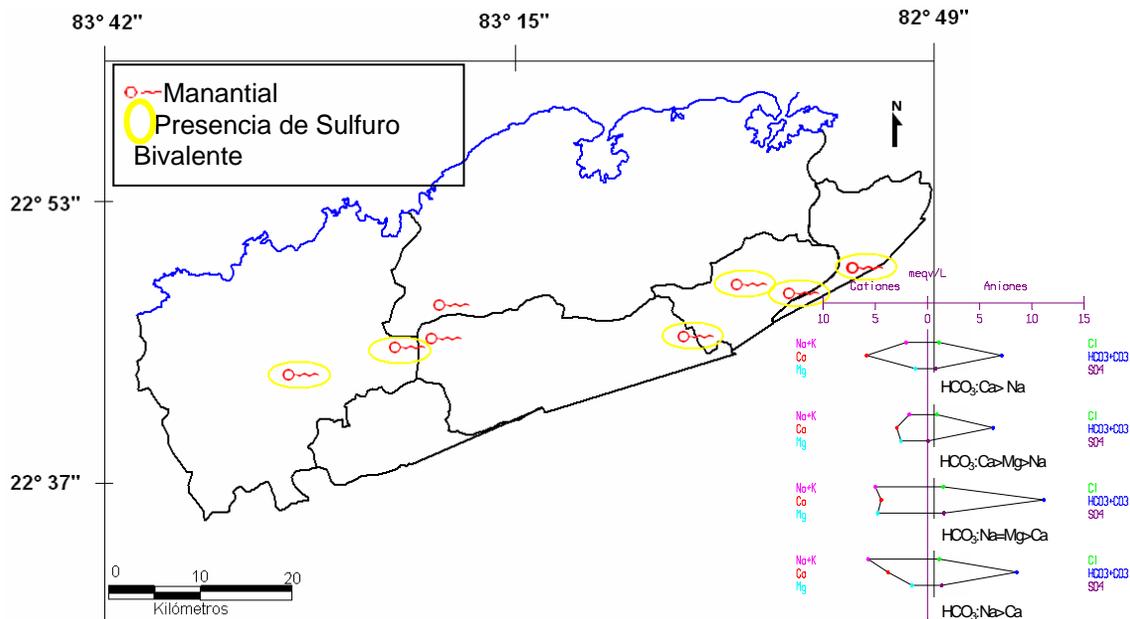


Figura 4. Distribución de las Aguas Bicarbonatadas Sódicas en la Sierra del Rosario.

Grupo 4.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Bicarbonatada Mixtas, abundantes en la Sierra del Rosario (Fig. 5). En este grupo, según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, se puede encontrar aguas que clasifican como Mediominales y como Minerales (Tab. 2), por su Temperatura todas son Hipotermales y por su Mineralización Predominante y Específica se pueden encontrar tres grupos Balneológicos: Aguas Bicarbonatadas (Fluoresceína, Majagua (Tab. 2)), Aguas Sulfuradas Bicarbonatadas (Pozo Brocal, Pedernales, Pozo Azul, Soroa, Charco Azul, Mil Cumbre Sulfuros) (Tab. 2)), y Aguas Sulfuradas Bicarbonatadas Silíceas Estróncicas Arsénicas (Pozo El Sitio (Tab. 2)). Estas características permiten que



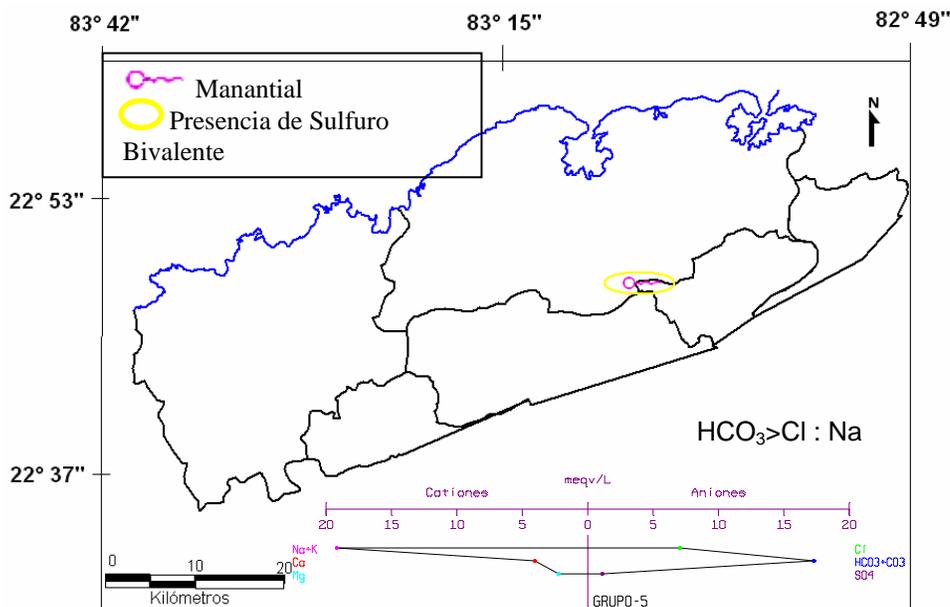
estas aguas puedan ser utilizadas sólo con fines terapéuticos.

Figura 5. Distribución de las Aguas Bicarbonatadas Mixtas en la Sierra del Rosario

Grupo 5.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Bicarbonatada Cloruradas Sódicas, no abundantes en la Sierra del Rosario (Fig. 6). Las aguas de este grupo según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, clasifican como Minerales, por su Temperatura como Hipotermales y por su Mineralización Predominante y Específica clasifican como aguas Sulfuradas, Bicarbonatadas Cloruradas Sódicas, conformando un grupo Balneológico (Rancho Mar (Tab. 2)). Estas características permiten que estas aguas puedan ser utilizadas sólo con fines terapéuticos.

Figura 6. Distribución de las Aguas Bicarbonatadas Cloruradas Sódicas en la Sierra del Rosario



Grupo 6.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Bicarbonatada Sulfatadas Mixtas, no muy abundantes en la Sierra del Rosario (Fig.7). Las aguas de este grupo según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, clasifican como mediominerales, por su Temperatura como Hipotermales y por su Mineralización Predominante y Específica clasifican como aguas Sulfuradas, conformando un grupo Balneológico (Cacarajícara Sulfuroso (Tab. 2)). Estas características permiten que estas aguas puedan ser utilizadas para suministro doméstico y con fines terapéuticos.

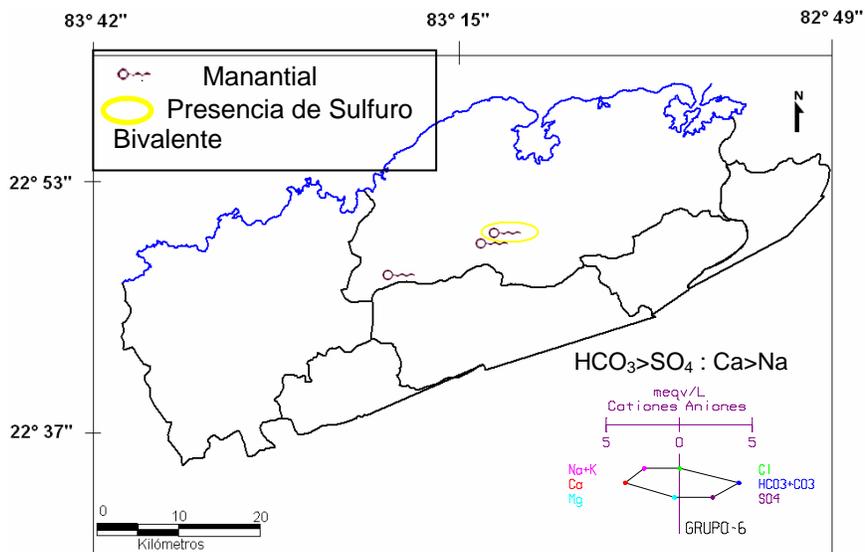


Figura 7. Distribución de las Aguas Bicarbonatadas Sulfatadas Cálcidas Sódicas en la Sierra del Rosario

Grupo 7.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Sulfatadas Cálcidas, que se distribuyen fundamentalmente en el sector San Diego-Bermejales (Fig. 8). Las aguas de este grupo según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, clasifican como Minerales, por su Temperatura como Mesotermiales, aunque en el caso del Pozo 1 se tiene un agua Hipertemal (Tab. 2) y por su Mineralización Predominante y Específica clasifican como aguas Sulfuradas Sulfatadas Cálcidas, Ligeramente Radónicas, conformando un grupo Balneológico (Gallina, Bermejales, Pozo 1, Pozo 16 (Tab. 2)). Estas características permiten que estas aguas puedan ser utilizadas sólo con fines terapéuticos.

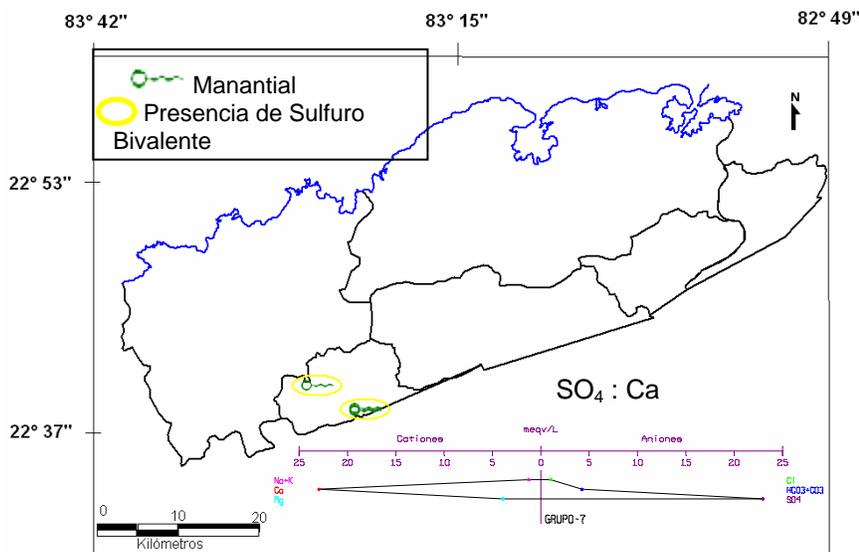


Figura 8. Distribución de las Aguas Sulfatadas Cálcidas en la Sierra del Rosario

Grupo 8.

Este grupo está conformado por aguas del tipo Sulfatadas Bicarbonatadas Cálcidas, que se distribuyen fundamentalmente en el sector San Diego de los Baños (Fig. 9). Las aguas de este grupo según los criterios de Armijo y San Martín, 1994, por su Mineralización Global, clasifican como Minerales, por su Temperatura como Mesotermales (Tab. 2) y por su Mineralización Predominante y Específica clasifican como aguas Sulfuradas Sulfatadas Bicarbonatadas Cálcidas, ligeramente Radónicas, conformando un grupo Balneológico (Templado y Tigre (Tab. 2)). Estas características permiten que estas aguas puedan ser utilizadas sólo con fines terapéuticos.

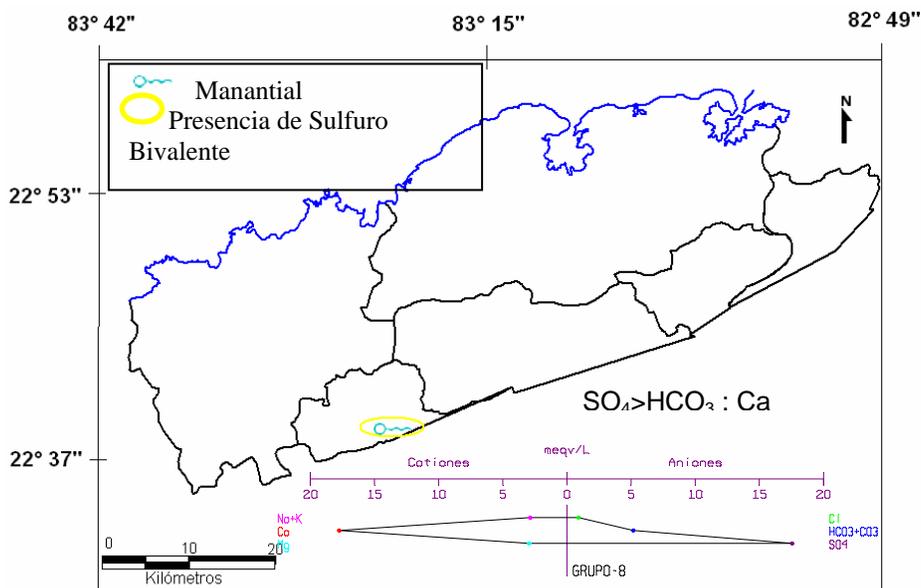


Figura 9. Distribución de las Aguas Sulfatadas Bicarbonatadas Cálcidas en la Sierra del Rosario

CONCLUSIONES

Como resultados de la investigación desarrollada en el territorio que ocupa la Sierra del Rosario se ha encontrado un gran potencial de aguas naturales, cuyas composiciones químicas está condicionadas por la geología y la geomorfología del esta área de estudio.

Desde el punto de vista hidroquímico se encontraron 8 tipos fundamentales de aguas, cuyas calidades permiten su uso, en ocasiones, par el suministro doméstico y para uso terapéutico.

La representación de esta agua permite el acceso gráfico, rápido y resumido de la información que se tiene de esta agua de gran utilidad para la comunidad de la zona y para el resto del país.

BIBLIOGRAFÍA

1. Colectivo de autores (1988). Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional de España. Ciudad de la Habana, Cuba.
2. Ergorov, S.V. y J.R. Luge (1967). Hidrogeología de Cuba. INRH, ICRM, La Habana, 84 Págs, 1967.
3. Pulina, M. y J.R. Fagundo (edit), 1984. The Dynamic of the Contemporary Karstic Processes in the Tropical Area of Cuba. Preliminary report of the field investigations performed by the Expedition Guajaibon' 84 in the winter season 1984. Univ. Slaski, Sosnowiec (Polonia), 42 p.
4. Franco, E., J.R. Fagundo, J.M. Pajón, 1987. Resultados de los estudios hidroquímicos realizados en el Pan de Guajaibón en el período Enero 28 a Febrero 17 de 1986. Revista Ciencias de la Tierra, 11, 17 p
5. Peláez, R, M. Olivares, M. del C. Núñez, y M. Valdivia, 1990. Informe sobre la búsqueda detallada y exploración orientativa de las aguas minero-medicinales San Diego Bermejales. Ministerio de la Industria Básica, Centro Nacional del Fondo Geológico, La Habana, Cuba. 159 p.
6. Fagundo, J.R., J.E. Rodríguez, J.M. Pajón, E. Franco, G. Benítez, A.C. Rodríguez, J. Güerón e I. Abelló, 1993. Caracterización hidroquímica de las aguas del Pan de Guajaibón y otras áreas cársicas cercanas a la

- Sierra del Rosario. Libro de Comunicaciones I Taller sobre Cuencas Experimentales en el Karst, Matanzas 1992). Ed. Univ. Jaime I, Castellón (España): 43-53.
7. González P., M Llerena, M. Suárez, J.R. Fagundo, C. Melián, B. Luna, e I. Herrera (2001). Sectorización de las aguas naturales y mineromedicinales de las montañas de la Sierra del Rosario y las Alturas del Mariel. En: Memorias del VII. Taller de la Cátedra de Medio Ambiente, ISCTN. La Habana. Soporte electrónico.
 8. APHA, AWWA, WPCF, (1986). Standards Methods for the Examination of Water and Waste Water.
 9. Krawczyk, W. (1992). Methods of field analytic of karst water. In: Hydrochemical methods in dynamic geomorphology. Scientific Works of Silesian University in Katowice, Katowice, (1254), 65-83.
 10. Armiejo-Valenzuela M.(1994). Aguas bicarbonatadas. En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 261-267. Armiejo-Castro, 1994
 11. Armijo y San Martín, J. (1994). Clasificación de las aguas mineromedicinales. En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 93-99.
 12. San Martín J y M. Armiejo-Castro (1994). El azufre en las aguas mineromedicinales: aguas sulfatadas y aguas sulfuradas. En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 243-256.
 13. N.C. 93-01-218: 1995. Norma Cubana de Aguas Minerales. Oficina Nacional de Normalización (La Habana, Cuba), 8 Págs.