

AGUAS MINEROMEDICINALES EN EL OCCIDENTE DE CUBA

P. González, B. Peña¹, J. R. Fagundo, M. Suárez, C. Melián, F. R. Delgado².

Centro Nacional de Termalismo (CENTERVISA). La Habana, Cuba. E-mail: patricia@rsrch.isctn.edu.cu.

¹Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC);

²Facultad de Geografía, Universidad de la Habana.

RESUMEN

El occidente cubano, constituye un territorio que presenta una gran variedad de ambientes geológicos y litológicos, los cuales condicionan la ocurrencia de diversos tipos de fuentes de aguas minerales, con características físico-químicas variadas.

El estudio, la clasificación, el inventario, así como la caracterización a partir de las propiedades físico-químicas de todo este potencial de aguas minerales, es fundamental en el logro de una explotación y gestión racional de aquí que este trabajo tenga como objetivo fundamental, clasificar las aguas minerales en un conjunto de sectores hidrominerales del Occidente del país, a partir de un análisis integrador de diferentes criterios como son: temperatura, macroconstituyentes, uso potencial y condiciones de yacencia. Basado en la realización de muestreos periódicos, de todas estas fuentes, desde el año 1996, los resultados de este trabajo han permitido la confección un mapa de localización de los diferentes sectores hidrominerales estudiados; además de una actualización de la caracterización de las aguas minerales de esta región a partir de sus propiedades físico-químicas y condiciones de yacencia y la clasificación de las mismas.

Palabras Claves: aguas minerales, hidrominerales

ABSTRACT

The Cuban Occident, constitutes a territory with a great variety of geological and lithological environments, which cause the occurrence of diverse types of sources of minerals waters, with different physical-chemical characteristics.

The study, the classification, the inventory, as well as the characterization based on the physical-chemical properties of all this potential of minerals waters, is fundamental in the achievement of an exploitation and rational administration of the water resources, that's why this work had as main goal, to classify the minerals waters in a group of hydromineral sectors west side of the country, starting from an integrative analysis of different approaches such as: temperature, macroconstituents, potential use, etc. With the realization of periodic samplings of all these sources, from 1996, the results of this work have allowed the realization of a map of localization with the different hydromineral studied sectors; and an actualization of the characterization of mineral waters of this region starting from their physical-chemical properties, conditions and classification.

Key Word: minerals waters, hydromineral

INTRODUCCIÓN

La República de Cuba cuenta con un amplio potencial de aguas minerales, el cual se expresa en un conjunto de fuentes, que se distribuyen a todo lo largo y ancho del territorio nacional. El occidente cubano, por su parte, constituye un territorio que presenta una gran variedad de ambientes geológicos y litológicos los cuales condicionan la ocurrencia de diversos tipos de fuentes de aguas minerales, con características físico-químicas variadas.

El estudio, la clasificación, el inventario, así como la caracterización de todo este potencial de aguas minerales, es fundamental en el logro de una explotación y gestión racional mejoramiento y elevación de la calidad de vida poblacional.

Basado en lo anterior este trabajo tuvo como objetivo fundamental, como objetivo fundamental, clasificar las aguas minerales en un conjunto de sectores hidrominerales del Occidente del país, a partir de un análisis integrador de diferentes criterios como son: temperatura, macroconstituyentes, uso actual y prospectivo y condiciones de yacencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se han llevado a cabo muestreos periódicos, de todas estas fuentes, desde el año 1996, hasta el presente, por diferentes empresas geológicas, cuyos resultados se encuentran registrados en los informes de exploración geológica para las aguas minerales en la Provincia de Pinar del Río [6, 7, 11, 12] y por el Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina" [13].

Las mediciones de los parámetros geoquímicos se realizaron "in situ" mediante pHmetro y medidor de temperatura y potencial redox (Eh), modelo HI-8424 marca HANNA y oxímetro HANNA modelo HI 914. Los contenidos de CO₂ y H₂S, así como la alcalinidad total (HCO₃⁻ y CO₃²⁻) fueron también determinados en el campo, mientras que los restantes macroconstituyentes (Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺ y Mg²⁺) y componentes trazas se analizaron en el laboratorio antes de las 24 horas de tomadas las muestras. Las marchas analíticas se efectuaron mediante las técnicas analíticas estándar de la APHA, AWWA, WPCF, 1989 [2]. Los iones Na⁺ y K⁺ fueron determinados por fotometría de llama (fotómetro marca SOLAR 919 de la UNICAM).

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) [9], implementado en el sistema informático HIDROGEOWIN (Alvarez *et al.*, 1999) [1].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sectores hidrominerales en estudio, están distribuidos de oeste a este, a lo largo de 150 Km, aproximadamente, desde el poblado de Arroyos de Mantua hasta el límite con la provincia La Habana (Fig. 1) y se nombran:

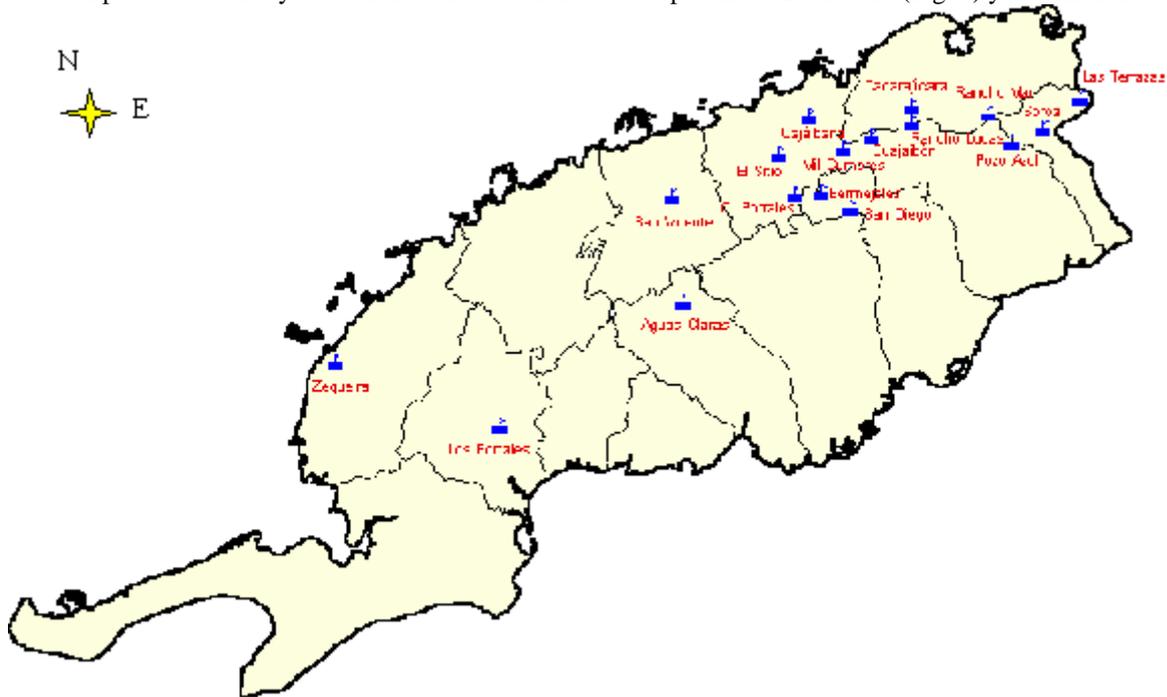


Figura 1. Localización de los Sectores Hidrominerales estudiados.

- Sector hidromineral Zequeira.
- Sector hidromineral Los Portales.
- Sector hidromineral Aguas Claras.
- Sector hidromineral San Vicente.
- Sector hidromineral Cueva de los Portales.
- Sector hidromineral San Diego de los Baños.
- Sector hidromineral Bermejales.
- Sector hidromineral El Sitio.
- Sector hidromineral Mil Cumbres
- Sector hidromineral Cajálbana.
- Sector hidromineral Pan de Guajaibón.
- Sector hidromineral Rancho Lucas.
- Sector hidromineral Cacarájicara.
 - Sector hidromineral Pozo Azul.
 - Sector hidromineral Rancho Mar.
- Sector hidromineral Soroa.
- Sector hidromineral Las Terrazas.

Sector hidromineral Zequeira

El sector se localiza en el Municipio Mantua, 3 Km al este del poblado Arroyos de Mantua. Las coordenadas de su centro son: X: 155 200, Y: 284 600.

La estructura geológica del área es muy compleja y está enmarcada dentro de la Zona Estructuro-Formacional (ZEF) La Esperanza, en su parte más septentrional. El sector está enmarcado dentro de los depósitos de la Fm. Esperanza (J_3-K_1), representado por sedimentos terrígeno-carbonatados y carbonatado-terrígenos. Están presentes también, en el área sedimentos cuaternarios [5, 6, 8]. Hidrogeológicamente la manifestación se asocia con el complejo acuífero de la Fm. Esperanza, con un grado de acuosidad controlado por la tectónica y el consiguiente agrietamiento del macizo rocoso. La fuente más importante en el sector es la conocida con el nombre Azufre de Zequeira, que muestra un caudal constante aproximado a 0.25 L/s y una temperatura de 24 °C [6].

De acuerdo a su temperatura (24 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Basados en la mineralización global o cuantitativa (623 mg/L) [3], las aguas se consideran Aguas Mediominerales, teniendo en cuenta la mineralización especial de las mismas (17.0 mg/L de H_2S) [3], las mismas resultan sulfuradas. De acuerdo a su uso actual y prospectivo [7], las aguas clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Los Portales

El sector se localiza en el municipio Guane, en el lugar conocido como Portales. Las coordenadas de su centro son: X: 187 420, Y: 272 000.

El sector a las rocas carbonatadas de la Fm. Guasasa ($J_3^{ox} - K_2^1$), aunque la zona de alimentación del acuífero está ubicada, en la región de las Montañas de la Sierra de los Órganos [6, 8, 10]. Las aguas del sector están controladas por un sistema cársico, desarrollado en las calizas de la Fm. Guasasa. En el yacimiento propiamente existen tres

fuentes cársicas con un caudal de base aproximado a los 128 L/s, con gran estabilidad físico-química, en el tiempo [6].

El sector se encuentra en un territorio relativamente conservado, con valores naturales y estéticos [6].

De acuerdo a su temperatura [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa, las aguas se consideran Aguas Mediominales [3]. Desde el punto de vista hidroquímico y basado en los criterios dados por Kurlov, las aguas clasifican como Aguas Bicarbonatadas Cálcidas, llegando en algunos casos a Aguas Bicarbonatadas-Sulfatadas Cálcidas, teniendo en cuenta la mineralización especial de las aguas, las mismas no resultan clasificadas por ningún criterio. De acuerdo a su uso actual y prospectivo [7] las aguas clasifican como Aguas de bebida.

Sector hidromineral Aguas Claras

El sector se ubica en el municipio Pinar del Río a lo largo de la carretera Pinar del Río-Viñales entre el Campismo Internacional Aguas Claras y la Carretera a Ovas. Las coordenadas de su centro son: X: 223 550, Y: 296 200.

Las aguas están asociadas a los depósitos de la Fm. Capdevila, que se caracterizan en el área por un bajo grado de acuosidad con gastos específicos de los pozos inferiores a 0.01 L/s/m [8].

Teniendo en cuenta los criterios de la clasificación de Kurlov y la variabilidad en la composición química de las aguas, observada en el sector, fue posible separar los siguientes tipos de aguas :

- Aguas Bicarbonatadas Cálcidas; Aguas Bicarbonatadas Sódicas, con mayor o menor contenido de calcio y magnesio; Aguas Cloruradas Sódicas, con mayor o menor contenido de sulfato y magnesio; Aguas Cloruradas Cálcidas, que pueden a veces presentar altos contenidos de bicarbonato y magnesio; Aguas Sulfatadas Bicarbonatadas Cálcidas Sódicas; Aguas Bicarbonatadas mixtas, con contenidos elevados, en ocasiones, de magnesio, calcio y sodio; Aguas Sulfatadas Cloruradas o Cloruradas Sulfatadas mixtas. Con temperaturas que oscilan entre los 24 y 26 °C, clasificando como aguas Hipotermales [4].

La mineralización de estas aguas es muy variada y oscila entre valores de 52 a valores de 6802 mg/l, lo cual las hace variar desde aguas oligominerales hasta minerales [3], pasando por el intervalo de aguas mediominales. De acuerdo a su uso actual y prospectivo [7] las aguas del sector clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral San Vicente

El sector se localiza en el municipio Viñales, exactamente en el centro turístico conocido con el nombre de Rancho San Vicente. Las coordenadas de su centro son: X: 221 000, Y: 317 400.

Las aguas se asocian a las rocas carbonatadas (calizas) de la Fm. Guasasa y las mismas emergen a la superficie del terreno en forma de fuentes aprovechando zonas carsificadas de mayor permeabilidad. Los gastos de las fuentes son generalmente inferiores a 1 L/s siendo mayor la productividad de las captaciones por pozos [8].

Este sector es uno de los de mayores potencialidades dentro de la provincia para su explotación turística puesto que se localiza en el polo turístico de Viñales.

De acuerdo a su temperatura (27,5 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa (1472.75 mg/L) las aguas se consideran Aguas Minerales (Pozos 1 y 3) y Mediominales (Pozo 10). Desde el punto de vista hidroquímico y basado en los criterios dados por Kurlov, las aguas clasifican como Aguas Sulfatadas Cálcidas (Pozos 1 y 3) y como Aguas Bicarbonatadas-Sulfatadas Cálcidas y Aguas Bicarbonatadas-Sulfatadas Cálcidas-Sódicas (Pozo 10). Teniendo en cuenta la mineralización especial de las aguas (H_2S 4.35 mg/L) [3], las mismas no resultan clasificadas de acuerdo a ningún componente. De acuerdo a su uso actual y prospectivo [7] las aguas clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Cueva de los Portales

El sector se localiza en el municipio La Palma, en el lugar conocido con el mismo nombre, en el límite entre la Sierra de los Órganos y la Sierra del Rosario. Las coordenadas de su centro son: X: 245 200, Y: 317 700.

El sector aflora una fuente de aguas minerales, que se encuentra ubicada en la cercanías de la Cueva de los Portales, cuyas aguas se originan por intemperismo de las calizas del miembro San Vicente, de la Fm. Guasasa ($J_3^{ox} - K_2^1$). En la región afloran también sedimentos del Paleógeno, constituidos por areniscas, esquistos y calizas de la Fm. Manacas ($P_2^{lb-2a} mnc$), así como sedimentos de la Fm. San Cayetano ($J_1 - J_3^{ox}$) [4, 5, 6].

De acuerdo a su temperatura (25.4 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa de las aguas (1232) las mismas se consideran Aguas Minerales. Desde el punto de vista hidroquímico y basado en los criterios dados por Kurlov, las aguas clasifican como Aguas Sulfatadas. Teniendo en cuenta la mineralización especial [3] de las aguas las mismas (H_2S 10 mg/L) clasifican como sulfuradas. De acuerdo a su uso actual y prospectivo, las aguas del sector clasifican como de uso balneológico y terapéutico [7].

Sector hidromineral San Diego de los Baños

El sector se localiza en el municipio Los Palacios en el mismo pueblo San Diego de los Baños, en las márgenes del río San Diego o, más propiamente Caiguanabo. Las coordenadas de su centro son X: 256 150, Y: 314 900.

Las aguas de este sector están asociadas a las calizas agrietadas y carsificadas de la Fm. Artemisa que afloran en el área del yacimiento y se vinculan más directamente al nudo de fallas conformado por la intersección de la falla Pinar con la falla San Diego de los Baños [8].

El desarrollo del asentamiento poblacional en esa zona se debe precisamente a la existencia de esas aguas, el entorno cuenta dentro del asentamiento con una infraestructura hotelera y extrahotelera para el servicio al turismo de salud y hacia el Norte y Oeste un relieve, vegetación y fauna con altos valores perceptuales [8].

De acuerdo a su temperatura, las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales (31 °C) (Fuente El Tigre y Pozo 1) y Aguas Mesotermales (38 °C) [4] (Fuentes El Templado y La Gallina). Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa (entre 2.05-2.20 g/l), las aguas se consideran Aguas Minerales del tipo Sulfatadas Cálcidas y Sulfatadas Cálcidas Sódicas, aunque esto último es más raro, de acuerdo a la mineralización especial [3] de las aguas (H_2S entre 3 y 27 mg/L), las mismas clasifican como sulfuradas. De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Bermejales

El sector se localiza en el municipio Los Palacios, en el lugar conocido como Baños de Los Bermejales, en las márgenes del río San Diego. Las coordenadas de su centro son: X: 250 500, Y: 318 150.

Las aguas están asociadas a las calizas agrietadas y carsificadas de la Fm. Artemisa y surgen a la superficie del terreno en forma de fuentes ascendentes, aprovechando para ello zonas tectónicas de mayor permeabilidad.

De acuerdo a su ubicación geográfica, el sector cuenta con un entorno con diversos valores naturales dada la cercanía a la Sierra de la Güira [8].

De acuerdo a su temperatura (30 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] de las mismas (1360 mg/L) se consideran Aguas Minerales. Desde el punto de vista hidroquímico y basado en los criterios dados por Kurlov, las aguas clasifican como Aguas Sulfatadas Cálcidas y Sulfatadas Cálcidas Sódicas, teniendo en cuenta la mineralización especial de las aguas [3] (H_2S 31.2 mg/L), las mismas clasifican como sulfuradas. De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral El Sitio

El sector está ubicado en el municipio La Palma, muy cerca del poblado El Sitio junto a la carretera que comunica este asentamiento poblacional con el área protegida Mil Cumbres. Las coordenadas de su centro son: X: 241 850, Y: 325 500.

Las aguas del sector están asociadas al complejo acuífero de los depósitos del Jurásico superior-Cretácico Inferior y específicamente a los sedimentos de la Fm. Artemisa por donde circulan dichas aguas. El grado de acuosidad del complejo acuífero está en dependencia de la intensidad del agrietamiento y tectonismo general del macizo rocoso. En el pozo P-55 el complejo acuífero está confinado por la Fm. Manacas, las aguas minerales ascienden por el eje del pozo desde una profundidad de 340m y brotan con un caudal aproximado a los 2 L/s [8]. Su entorno se caracteriza por presentar cultivos menores y pastizales [8].

De acuerdo a su temperatura (22.7 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa (968 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Mixtas (con casi iguales contenidos de Ca y Mg y un poco más elevados de Na), teniendo en cuenta la mineralización especial [3] de las aguas (H_2S 198.9 mg/L), las mismas clasifican como sulfuradas. De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Mil cumbres

El sector se localiza en el municipio La Palma en el lugar conocido como Mil Cumbres. Las coordenadas de su centro son: X: 254 700, Y: 326 850.

Se encuentra dentro del Área Protegida Mil Cumbres en una zona de alturas de pizarras donde predominan los pastizales y algunas plantaciones forestales [8].

El sector se asocia al complejo acuífero en los depósitos del Jurásico Superior y Cretácico Inferior, en este caso específico a la Fm. Artemisa representada por calizas grises. Predominan aquí las aguas de fisuras, grietas y fallas. El grado de acuosidad es muy irregular y depende del grado de tectonismo del corte geológico. En el centro del sector se localiza una fuente ascendente con un caudal aproximado de 1 L/seg cual es muy posible que ascienda por algunas estructura tectónicas mezclándose con aguas menos profundas en la parte superior del corte geológico [8].

De acuerdo a su temperatura (23.7 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (980 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Cálcidas (Fuentes Mil Cumbres, Kikere, Recogedor, Batea, Cuatro Caminos y Juan Carmona) o Cálcidas Sódicas (Fuente No sulfuroso, más raro) y Aguas Bicarbonatadas Sódicas (Fuentes Majagua y Sulfuroso), teniendo en cuenta los criterios de la mineralización especial de las aguas [3] (H_2S 21.6 mg/L), las mismas clasifican como sulfuradas. De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Cajálbana

El sector se localiza en el municipio La Palma, en la parte suroeste de la Región Cajálbana, territorio compuesto por alturas en forma de altiplanicie. Las coordenadas de su centro son: X: 248 000, Y: 333 000.

De acuerdo a su temperatura (23.3 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (316.43 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominales.

Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Magnésicas y más raramente Magnésicas Sódicas, teniendo en cuenta la mineralización especial de las aguas [3], las mismas no clasifican respecto a ningún componente. De acuerdo al uso actual y prospectivo de las aguas, las mismas clasifican como de uso balneológico y terapéutico [7].

Sector hidromineral Pan de Guajaibón

El sector se localiza en el municipio Bahía Honda, en la parte sureste de la estructura conocida con el nombre de Pan de Guajaibón, en la porción noroccidental de la Sierra del Rosario. Las coordenadas de su centro son: X: 260 000, Y: 329 000.

La aguas del sector están asociadas tanto al complejo acuífero del Cretácico Inferior-Superior. En el sector existe un gran número de surgencias y fuentes cársicas [8].

De acuerdo a su temperatura (22.85 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (333.4 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominerales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Cálcicas (Fuentes Ancón, La Curra, A. del Caimito, Caimito, Mameyes, C. De la Bija, A. de Mameyes y C. de Sagua) y Bicarbonatadas Sulfatadas Cálcicas (Fuente Fernando), teniendo en cuenta la mineralización especial [3] de las aguas, las mismas no clasifican con respecto a ninguno de los componentes. De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como aguas de bebida.

Sector hidromineral Rancho Lucas

El sector se localiza en el municipio Bahía Honda, en las márgenes de río Las Pozas, al este del poblado Rancho Lucas. Las coordenadas de su centro son: X: 268 000, Y: 332 000.

La aguas del sector están asociadas tanto al complejo acuífero del Cretácico Inferior. En el sector existen varios fuentes cársicas [5].

De acuerdo a su temperatura (23 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (408.28 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominerales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Cálcicas (Fuente Lucas 2) y Bicarbonatadas Cálcicas Sódicas (Fuentes Lucas 1 y Fuente), teniendo en cuenta la mineralización especial de las aguas [3], las mismas no clasifican con respecto a ningún componente. De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como aguas de bebida.

Sector hidromineral Cacarájicara

El sector se localiza en el municipio Bahía Honda, en las márgenes de río Las Pozas, al este del sector Rancho Lucas. Las coordenadas del centro son: X: 268 000, Y: 335 000.

La aguas del sector están asociadas al drenaje profundo del carso, las mismas emergen a la superficie a través de varias fuentes [5].

De acuerdo a su temperaturas (26.1 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (760 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominerales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Cálcicas (Fuente Cacarájicara 2) y Bicarbonatadas Sulfatadas Cálcicas Sódicas (Fuentes Sulfuroso y No sulfuroso), teniendo en cuenta la mineralización especial de las aguas [3], las mismas clasifican como sulfurosas (H_2S entre 3 y 15 mg/L). De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Pozo Azul

El sector se ubica en el municipio San Cristóbal en las márgenes del río San Cristóbal en el lugar conocido con el mismo nombre (Pozo Azul). Se encuentra muy próximo a la presa La Paila específicamente en el valle del río San Cristóbal dentro del macizo montañoso. Las coordenadas de su centro son: X: 287 700, Y: 328 250.

En la actualidad no tiene acceso, los asentamientos poblacionales más próximos son la comunidad rural Modesto Serrano y el núcleo urbano San Cristóbal [8].

Las aguas se asocian al complejo acuífero de la Fm. Artemisa, caracterizado por la presencia de aguas de fisura, grietas y en zonas tectónicas. En el sector se han mapeado 3 fuentes ascendentes con un caudal total aproximado a los 2 L/s [8].

Por su ubicación cuenta con un entorno con valores naturales (flora y fauna relevantes), así como también una calidad visual alta [5].

De acuerdo a su temperatura (30 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (446 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominerales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Cálcicas, teniendo en cuenta la mineralización especial [3] presente en las aguas, las mismas no clasifican de acuerdo a ninguno de los componentes. De acuerdo al uso actual y prospectivo de las aguas, las mismas clasifican como aguas de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Rancho Mar

El sector está ubicado en el municipio San Cristóbal en el lugar con el mismo nombre (Rancho Mar). Este yacimiento se encuentra en el centro de la Sierra del Rosario, en las cercanías del cruce entre la carretera de montaña y la carretera Norte-Sur que vincula a San Cristóbal con Bahía Honda. Son las coordenadas de su centro: X: 282 860, Y: 333 570.

Las características hidrogeológicas del sector son complejas y están dadas por la interrelación existente entre los diferentes tipos de sedimentos y formaciones geológicas en el mecanismo de génesis y circulación de las aguas minerales [5].

El entorno de este sector es atractivo topográficamente y presenta algunos valores florísticos y faunísticos, aunque estos componentes presentan cierto grado de degradación por las actividades forestales, ganaderas y cafetaleras que se realizan en la zona [8].

De acuerdo a su temperatura (25 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (1882 mg/L), las aguas se consideran Aguas Minerales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Sódicas, teniendo en cuenta la mineralización especial [3] (H_2S 87 mg/l), presente en las aguas, las mismas clasifican como sulfuradas. De acuerdo al uso actual y prospectivo [7] de las aguas, las mismas clasifican como aguas de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Soroa

El sector se localiza en el municipio Candelaria, dentro de la Villa Turística Soroa. Este yacimiento está enclavado en el valle del río Manantiales. Las coordenadas de su centro son: X: 293 850, Y: 330 800.

La aguas del sector están asociadas tanto al complejo acuífero de las calizas grises de la Fm. Artemisa como a las rocas ultrabásicas de la Fm. Sábalo. Según datos preliminares observados en los pozos PH 1 y P 12 perforados en este sector, el grado de acuosidad es bajo con gastos específicos en dichos pozos del orden de 0.01L/s/m. En el área se manifiestan 3 fuentes ascendentes con un gasto total aproximado a los 3 L/s constante durante todo el año según observaciones aisladas [8].

Su entorno cuenta con altos valores naturales, así como una infraestructura de alojamiento y extrahotelera bien desarrollada [8].

De acuerdo a su temperatura (27 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (180 mg/L), las aguas se consideran Aguas Oligominerales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Cálcidas y Bicarbonatadas Cálcidas Magnésicas, teniendo en cuenta la mineralización especial [3] presente en las aguas (H_2S 15 mg/L), las mismas clasifican como sulfuradas. De acuerdo al uso actual y prospectivo de las aguas [7], las mismas clasifican como aguas de uso balneológico y terapéutico.

Sector hidromineral Las Terrazas

El sector se localiza en el municipio La Palma, en las márgenes del río San Juan, dentro del área de desarrollo del centro turístico Las Terrazas, en la parte noreste de la Sierra del Rosario. Las coordenadas de su centro son: X: 301 000, Y: 337 000.

La aguas del sector son representativas de la zona de saturación de los macizos carbonatados y emergen en el contacto con fallas paralelas y transversales a la Falla Pinar [5].

De acuerdo a su temperatura (27 °C) [4], las aguas del sector clasifican como Aguas Hipotermales. Teniendo en cuenta la mineralización global o cuantitativa [3] (521 mg/L), las aguas se consideran Aguas Mediominales. Los principales tipos de aguas en el sector son: Aguas Bicarbonatadas Cálcidas, teniendo en cuenta la mineralización especial [3] (H_2S 8.2 mg/L), presente en las aguas, las mismas clasifican como sulfuradas. De acuerdo al uso actual y prospectivo de las aguas, las mismas clasifican como aguas de uso balneológico y terapéutico.

CONCLUSIONES

Del análisis de la tabla se pueden extraer las siguientes conclusiones:

De acuerdo al criterio de la temperatura de las aguas [4], 53 fuentes clasifican como hipotermales y sólo dos fuentes como mesotermales; no existen fuentes clasificadas como frías o hipertermales.

De acuerdo al criterio de la mineralización global de las aguas [3], 1 fuente clasifica como oligomineral, 40 fuentes como mediominales y 14 como minerales.

De acuerdo al criterio de la mineralización especial [3] presente en las aguas y, a partir de los datos con que se contaba, 32 fuentes clasificaron como sulfuradas y 23 no clasificaron.

De acuerdo a los criterios hidroquímicos y basados en la clasificación de Kurlov, 29 fuentes clasificaron como bicarbonatadas cálcicas, 13 fuentes clasificaron como sulfatadas cálcicas, 3 fuentes clasificaron como bicarbonatadas sódicas, 2 fuentes clasificaron como bicarbonatadas sulfatadas cálcicas, 1 fuente clasifica como bicarbonatada cálcica magnésica, 5 fuentes clasificaron como bicarbonatadas cálcicas sódicas, 2 fuentes clasificaron como bicarbonatadas magnésicas, 2 fuentes clasificaron como bicarbonatadas magnésicas sódicas, 10 fuentes clasificaron como sulfatadas cálcicas sódicas y 3 fuentes clasificaron como bicarbonatadas sulfatadas mixtas y bicarbonatadas mixtas. En este punto es necesario recordar que existen sectores en que se manifiestan más de un tipo de aguas.

De acuerdo a los criterios del uso actual y potencial de las aguas [7], 37 fuentes clasificaron como de uso balneológico y terapéutico, 5 con de uso balneológico y 13 como aguas de bebida.

BIBLIOGRAFÍA.

[1]Alvarez E., J.R. Fagundo, I. Vinardell (1999). **Control automatizado de la calidad de las aguas y de sus variables químico – físicas.** Revista CENIC Ciencias Química: 20 (1), 21-27, 1999.

[2]APHA, AWWA, WPCF, (1989). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** Ed. American Public Health Associations, Washington. Ed. 17, 1.5-3.12

- [3] Armijo Valenzuela, M. y San Martín Bacaicoa, J. (1994). *Clasificaciones de las aguas mineromedicinales*, en *Curas Balnearias y Climáticas: Talasoterapia y Helioterapia*. Editorial Complutense. Madrid, España. 218-223.
- [4] Castany, 1971 en (Armijo-Valenzuela M. y San Martín J. (1994). Aguas minerales. Conceptos generales. En: *Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia*, Ed. Computense, Madrid, 11-16).
- [5] 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.
- [6] Dirección Provincial de Planificación Física Pinar del Río. Departamento de Planeamiento Turístico. Empresa Geomínera Pinar del Río. (1998). *Potencial de aguas minerales de la provincia Pinar del Río*. (documento inédito). Pinar del Río, Cuba.
- [7] Empresa Geológica Pinar del Río. (1997). *Reporte de las investigaciones Hidrogeológicas en el yacimiento de Agua Mineral Natural: Los Portales*. Archivo Oficina Nacional de Recursos Minerales. Pinar del Río, Cuba. 50 p.
- [8] Gutiérrez Domech, R. Y Rivero Glean, M. (1997). *Minigeografía de Cuba*. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de la Habana, Cuba, 142 p.
- [9] Miller, R.L., W.L. Braford and N.E. Peters (1986). Specific conductance: theoretical considerations and application to analytical quality control. Ú.. Geological Survey Water-Supply. Paper 2311, 27 pp.
- [10] Morell Evangelista, I. (1995). *Origen del Termalismo Geotermómetros en Algunas peculiaridades hidrogeoquímicas de las Aguas Termales*. Memorias de las 3^{ras} Jornadas sobre Termalismo. Grupo Nacional de Termalismo. Santa Clara, Cuba.
- [11] Peláez García, R. y otros (1995). *Informe de cancelación P. D. Para la construcción de la fuente de agua mineral natural Aguas Claras, Pinar del Río*. Empresa Geológica Pinar del Río, MINBAS. Archivo Oficina Nacional de Recursos Minerales. Ciudad Habana, Cuba, 50 p.
- [12] Peláez, R. Y otros (1986-90). *Informe para la Búsqueda detallada- Exploración orientativa de las aguas mineromedicinales San Diego-Bermejales*. Empresa Geológica Pinar del Río, MINBAS. Archivo Oficina Nacional de Recursos Minerales. Ciudad Habana, Cuba, 176 p.
- [13] Peña Fortes, Boris. Tesis de Maestría "Caracterización de fuentes minerales en el distrito físico-geográfico Pinar del Río, Cuba". Centro Nacional de Termalismo. 2000.