

CARACTERIZACIÓN DE AGUAS MINERALES DE ALGUNOS YACIMIENTOS DEL PAÍS.

Clara Melián Rodríguez⁽¹⁾, F. Rebeca Segarte Nario⁽¹⁾, Maritza Pérez Loyola⁽¹⁾, Margaret Suárez Muñoz⁽¹⁾, Patricia González Hernández⁽¹⁾, Juan R. Fagundo Castillo⁽¹⁾, Griselda Benítez Pacheco⁽²⁾.

(1) Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina". Ave: 243, No 19815, Fontanar, Municipio Boyeros Ciudad Habana. C.P 19250. E-mail: Patricia@rsrch.isctn.edu.cu

(2) Centro Nacional de Investigaciones Científicas,. Avenida 25 esquina 158. Cubanacán, Municipio Playa. E-mail: Espinosa@química.cneuro.edu.cu

Resumen

Hoy día se concede gran importancia al conocimiento de las propiedades químico físicas, a la acción farmacológica de los diferentes componentes presentes en las aguas minerales, a los mecanismos de acción de las mismas a través de diferentes vías (oral, inhalatoria o tópica), a los métodos y procedimientos de aplicación y a las condiciones propias de los centros balneológicos, incluyendo los centros SPA. Cuba cuenta con una gran cantidad y variedad de yacimientos de aguas minerales y peloides (fangos de uso terapéutico) con propiedades farmacológicas, en virtud de las condiciones específicas de cada ecosistema físico-geográfico, los microorganismos presentes y del clima tropical del país.

La adecuada caracterización de las aguas minerales y minero medicinales requiere de un riguroso estudio de sus propiedades física químicas, porque aunque las mismas deben mantenerse estables en el tiempo, estas aguas suelen ser el resultado de complejos procesos geoquímicos donde intervienen procesos tanto químicos como bioquímicos. Este trabajo tiene como objetivo presentar la caracterización preliminar de un grupo de aguas minero medicinales existentes en nuestro país, las cuales se usan en la cura de diferentes dolencias.

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 "*in situ*", 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. 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 (Alvarez, et. al, 1998). El resto del procesamiento de los datos se efectuó mediante Rockware, Grapherwin, Surfer, EXCEL y ACCESS.

En este trabajo se presenta una caracterización, atendiendo a las especificaciones de la Norma Cubana de Aguas Minerales, de algunos yacimientos de aguas mineromedicinales del país a partir de datos

obtenidos en un monitoreo y estudio recientes. Mediante los gráficos y tablas adecuadas pueden determinarse las características del agua en cada yacimiento y realizarse una comparación con resultados obtenidos de los mismos en fechas anteriores, utilizando además un análisis temporal de las propiedades de dichas aguas para comprobar la estabilidad de las mismas en el tiempo con un coeficiente de variación menor de un 5%. Se analizan lugares de gran importancia e historia dentro del campo del Termalismo como San Diego de los Baños, Elguea, Ciego Montero y San José del Lago.

Abstract

Nowadays great importance is granted to the knowledge of the chemical-physical properties, the pharmacological action of the different components present in the mineral waters, the mechanisms of action of the waters, to the methods and procedures of application and to the characteristics of the balneological centers, including the SPA centers. Cuba has a great quantity and variety of locations of mineral waters and peloides (mires of therapeutic use) with pharmacological properties, related to the specific conditions of each physical-geographical ecosystem, the microorganisms and the tropical climate of the country.

The appropriate characterization of mineral and therapeutic mineral waters requires a rigorous study of its chemical physical properties, because although this waters should stay stable in time, they are usually the result of complex geochemical processes where intervene chemical and biochemical reactions. The objective of this work is to present a preliminary characterization of a group of therapeutic mineral waters in our country, which are used in the cure of different diseases.

The measurement of the geochemical parameters were carried out "in situ" by means of pH-milivolt meter, HI-8424, HANNA and HANNA HI 914 oximeter. The CO₂ and H₂S contents, and the total alkalinity (HCO₃⁻ and CO₃²⁻) were also determined "in situ", while the macrocomponents (Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺ and Mg²⁺) and trace components were analyzed in the laboratory before the 24 hours of having taken the samples. The quality of the data was validated by means of the ionic balance and the calculation of the theoretical electric conductivity based on the Miller et al. (1986) model, implemented in the computer system HIDROGEOWIN. The rest of the data analysis was made by means of Rockware, Grapherwin, Surfer, EXCEL and ACCESS.

In this work a characterization of some therapeutic mineral waters of the country is presented, assisting to the specifications of the Cuban Norma of Mineral Waters, with the data obtained in a recent study. By means of the graphics and adapted charts can be determined the characteristics of each water and carried out a comparison with an obtained data previously. Using temporary analysis of the properties of these waters we can check its stability in time with a variation coefficient smaller than 5%. Places of great importance and history are analyzed inside the field of Termalismo like San de los Baños, Elguea, Ciego Montero and San José de los Lagos.

Introducción

Las aguas minerales han sido utilizadas como bebida y con fines terapéuticos desde edades muy remotas, aunque durante muchos años su empleo tenía un carácter empírico y en algunos casos, estaba asociado a prácticas de hechicería. Sin embargo, con el desarrollo de la ciencia, se fueron conociendo las propiedades curativas y de beneficio a la salud en general que dichas aguas poseían, ya bien por la acción terapéutica de sus componentes químicos y biológicos en forma aislada, como por los efectos sinérgicos que poseen en su conjunto.

Hoy día se concede gran importancia al conocimiento de las propiedades químico físicas, a la acción farmacológica de los diferentes componentes presentes en las aguas minerales, a los mecanismos de acción de las mismas a través de diferentes vías (oral, inhalatoria o tópica), a los métodos y procedimientos de aplicación y a las condiciones propias de los centros balneológicos, incluyendo los centros SPA, diseñados más bien para personas sanas que aspiran a una mejor calidad de vida que para el tratamiento de enfermos.

Cuba cuenta con una gran cantidad y variedad de yacimientos de aguas minerales y peloides (fangos de uso terapéutico) con propiedades farmacológicas, en virtud de las condiciones específicas de cada ecosistema físico-geográfico, los microorganismos presentes y del clima tropical del país.

Las aguas minerales se distinguen del resto de las aguas naturales en que poseen prácticamente invariables su caudal, temperatura y composición química y bacteriológica. Cuando presentan reconocida acción terapéutica estas aguas se denominan mineromedicinales.

Agua mineral natural. Agua que se diferencia claramente del agua potable y que se caracteriza por su contenido en determinadas sales minerales y sus proporciones relativas, así como la presencia de elementos traza o de otros constituyentes útiles para el metabolismo humano, se obtiene directamente de fuentes naturales o perforadas de aguas subterráneas procedentes de estratos acuíferos. Su composición y la estabilidad de su flujo y temperatura son constantes, teniendo en cuenta los ciclos de las fluctuaciones naturales y se capta en condiciones que garantizan la pureza microbiológica original.

Agua mineral medicinal. Agua que por su composición y características propias puede ser utilizada con fines terapéuticos, desde el área de emergencia hasta el lugar de utilización, dada sus propiedades curativas demostradas por analogía de similares tipos de aguas existentes, por experiencia local, por estudios correspondientes o mediante ensayos clínicos y evolución de procesos específicos o de experiencia médica comprobada, y conservar después de ser envasada sus efectos beneficiosos para la salud humana.

Agua de manantial. Agua que emerge espontáneamente a la superficie de la tierra con un caudal determinado por el ciclo hidrológico después de ser captada mediante labores practicadas para su explotación. No posee las propiedades del agua mineral.

La adecuada caracterización de las aguas minerales y minero medicinales requieren de un riguroso estudio de sus propiedades químico físicas, porque aunque las mismas deben mantenerse estables en

el tiempo, estas aguas suelen ser el resultado de complejos procesos geoquímicos donde intervienen procesos tanto químicos como bioquímicos. Este trabajo tiene como objetivo presentar la caracterización preliminar de un grupo de aguas minero medicinales existentes en nuestro país, las cuales se usan en la cura de diferentes dolencias.

Materiales y Métodos

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 “*in situ*”, 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 (APHA, AWWA, WPCF, 1995) modificadas por Markowicz y Pulina (1979) y Krawczyk (1992) para muestras procedentes de terrenos cársicos. Los iones Na⁺ y K⁺ fueron determinados por fotometría de llama (fotómetro marca SOLAR 919 de la UNICAM). Para el análisis de SO₄²⁻, Na⁺ y K⁺ en muestras altamente mineralizadas se prepararon patrones idóneos y se tomaron en cuenta las recomendaciones de Capitán et al. (1987), que consideran el efecto de matriz sobre las determinaciones (Suárez, 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 (Alvarez et al., 1998). El resto del procesamiento de los datos se efectuó mediante Rockware, Grapherwin, Surfer, EXCEL y ACCSESS.

Resultados y Discusión

En la tabla I se muestra los resultados de los diferentes parámetros químico físicos determinados *in situ*. En la misma se puede observar las diferencias que existen entre las muestras, teniéndose aguas con muy alta salinidad como son las del Elguea (CE=61500 μS/cm), aguas con salinidad media como son las de San Diego de los Baños y Ciego Montero (CE entre 1000 y 3000 μS/cm) y aguas con salinidad muy baja como son las de San José de los Lagos (CE=615 μS/cm). También se puede ver que los potenciales redox de estas muestras son en su totalidad negativas llegando a ser muy reductores en las muestras del Elguea y San Diego de los Baños. En cuanto al pH, llama la atención la existencia de pH altos, del orden de los 8.75 para las muestras de Ciego Montero.

En la tabla II, se muestra los valores de las concentraciones de los iones mayoritarios en meq/L y los diferentes tipos de aguas que representan las muestras según Kurlov.

Tabla I. Parámetros físico químicos determinados “*in situ*”.

Localidad	Sitio	Fecha	pH	CE 25 ⁰ C μS/cm	Temp ⁰ C	Eh mV	O ₂ mg/L	CO ₂ mg/L
Elguea	Champú	02/09/99	6.48	61400	35.10	35.0	0.056	1.55
Elguea	Guapo	02/09/99	6.33	61500	48.20	-303.2	0.031	1.56
Elguea	Hongos	02/09/99	6.45	61800	35.90	-266.0	0.028	2.01
Elguea	Garganta	02/09/99	6.53	62200	40.10	-284.0	0.028	1.73
Elguea	Carabaña	02/09/99	6.29	62200	41.20	-276.0	0.034	1.70
Elguea	Bombeo	02/09/99	6.61	62000	42.00	-208.0	0.072	1.05
Elguea	Belleza	02/09/99	6.51	62300	35.50	-93.0	0.047	1.42
Elguea	Piscina	02/09/99	6.58	62200	40.00	-226.6	0.088	1.30
San Diego de los Baños	El Templado	03/25/99	6.79	1460	33.40	-254.0	0.034	1.27
San Diego de los Baños	Captación	03/25/99	6.75	1522	32.60	-230.4	0.059	1.29
San Diego de los Baños	La Gallina	03/25/99	6.67	2030	36.60	-324.8	0.019	1.40
Ciego Montero	CM-1. Piscina Grande de Gimnasia	03/29/99	8.75	3710	35.80	-269.0	0.031	0.00
Ciego Montero	CM-2. Piscina de Dermatología	03/29/99	8.75	3690	31.60	-40.9	0.131	0.00
Ciego Montero	CM-4. El Chorrillo	03/29/99	9.08	3640	40.00	-66.2	0.097	0.00
Ciego Montero	CM-3. Piscina Individuales	03/29/99	8.04	3700	36.20	-87.4	0.109	0.00
Ciego Montero	CM-5. Agua Carabaña	03/29/99	8.95	2870	26.60	-61.0	0.141	0.00
San José de los Lagos	El Chorrillo (Las Tetras)	05/04/99	7.01	606	30.80	-205.9	0.081	0.69
San José de los Lagos	Piscina Termal (Manantial)	05/04/99	7.72	605	30.90	-119.3	0.091	0.56
San José de los Lagos	Piscina Ternal (Manantial, profundo)	05/04/99	7.24	617	31.20	-118.7	0.116	0.61
San José de los Lagos	Pozo (brocal ancho)	05/04/99	7.05	589	30.00	-180.0	0.091	0.62

Como se puede observar en la tabla II, las aguas de Elguea y Ciego Montero son del tipo clorurada sódica, las de San Diego de los Baños son del tipo sulfatadas, bicarbonatadas cálcicas, mientras que las aguas de San José de los Lagos a pesar de ser las de menor mineralización son del tipo bicarbonatadas, sulfatadas, cálcicas, sódicas magnesianas.

Tabla II. Concentración de los iones mayoritarios en meq/L y tipos de aguas según la clasificación de Kurlov.

Localidad	Sitio	Fecha	Na+K	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Tipo de Agua
Elguea	Champú	02/09/99	679.25	103.66	79.84	735.97	130.13	3.95	Na-Cl
Elguea	Guapo	02/09/99	696.55	98.23	85.33	728.46	149.91	3.75	Na-Cl
Elguea	Hongos	02/09/99	683.75	108.60	79.84	730.97	139.92	3.45	Na-Cl
Elguea	Garganta	02/09/99	683.75	108.60	79.84	730.97	139.92	3.45	Na-Cl
Elguea	Carabaña	02/09/99	703.81	108.60	79.84	740.98	149.91	3.50	Na-Cl
Elguea	Bombeo	02/09/99	673.94	108.60	79.84	730.97	129.92	3.65	Na-Cl
Elguea	Belleza	02/09/99	689.95	98.72	89.82	730.97	145.91	3.65	Na-Cl
Elguea	Piscina	02/09/99	673.64	108.60	79.84	730.97	129.92	3.35	Na-Cl
San Diego de los Baños	El Templado	03/25/99	1.25	1.97	15.97	1.10	12.99	5.15	Ca-SO ₄ -HCO ₃
San Diego de los Baños	Captación	03/25/99	1.02	1.97	14.97	1.20	11.99	4.82	Ca-SO ₄ -HCO ₃
San Diego de los Baños	La Gallina	03/25/99	3.00	3.95	23.95	1.00	25.98	4.00	Ca-SO ₄
Ciego Montero	CM-1. Piscina Grande de Gimnasia	03/29/99	31.96	0.00	3.19	30.04	4.20	0.15	Na-Cl
Ciego Montero	CM-2. Piscina de Dermatología	03/29/99	29.71	0.00	3.09	30.04	2.10	0.20	Na-Cl
Ciego Montero	CM-4. El Chorrillo	03/29/99	30.36	0.39	3.09	31.03	2.00	0.25	Na-Cl
Ciego Montero	CM-3. Piscina Individuales	03/29/99	31.41	0.00	3.09	31.54	2.10	0.10	Na-Cl
Ciego Montero	CM-5. Agua Carabaña	03/29/99	30.26	0.00	3.39	31.04	2.00	0.15	Na-Cl
San José de los Lagos	El Chorrillo (Las Tetas)	05/04/99	2.98	2.07	3.49	1.13	1.90	5.55	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
San José de los Lagos	Piscina Termal (Manantial)	05/04/99	3.24	1.97	3.49	1.14	0.84	5.60	Ca-Na-Mg-HCO ₃
San José de los Lagos	Piscina Ternal (Manantial, profundo)	05/04/99	3.18	1.97	3.49	1.09	2.10	5.50	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
San José de los Lagos	Pozo (Brocal ancho)	05/04/99	2.88	1.88	3.49	1.08	1.70	5.50	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄

Estas características también pueden ser observadas en la figura 1, donde estos tipos de aguas son representados a través de gráficos de Stiff.

Conclusiones

Del presente trabajo se puede concluir que la diversidad de aguas minero medicinales que se pueden encontrar, en nuestro país, es grande dada a la variedad de procesos hidrogeoquímicos que modifican las características física químicas de las mismas. Por ello, la caracterización hidrogeoquímica de estas aguas depende, no sólo de la calidad de las mismas, sino también de un profundo conocimiento de las características geológicas de los terrenos por donde las mismas drenan y del estudio de la física química de los procesos químicos y bioquímicos que pueden estar influenciando en la optación de su calidad.

Bibliografía

- Alvarez E., J. R. Fagundo y I. Vinardell (1998). Automatización del control de los parámetros químico físicos y la calidad de las aguas. En: Contribución a la educación y la protección ambiental. Editorial Academia, 164-167.
- APHA, AWA, WPCF (1995). Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewater. 16th. Ed. USA.
- Capitán, L. F. (1987). Segundo Curso Técnico en Análisis de Aguas. Programa de Formación Ocupacional para Universitarios. Departamento de Química Analítica, Universidad de Granada.
- Golden Software, Inc. (1992). Grapherwin for Windows. Version 1.0, USA.
- Golden Software, Inc. (1994). Surfer for Windows. Version 5.0, USA.
- 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. and Pulina M. (1979). Semi-quantitative chemical analyses of water in the carboniferous Karst areas. Preace Naukowe Univ. Slaskiego No. 286, Katowice, 167 pp.
- Microsoft Corporation (1997). Microsoft Access. USA.
- Microsoft Corporation (1997). Microsoft Excel. USA.
- Miller, R.L., W.L. Braford and N.E. Peters (1986). Specific conductance: theoretical considerations and application to analytical quality control. Geological Survey Water-Supply. Paper 2311, 27 pp.
- NC 93-01-218 (1995). Aguas minerales. Oficina Nacional de Normalización. (NC), 8 Págs.
- ROCKWARE Inc., ROCKWARE STIFF 2.0 (1995).
- Suárez, M. (1998). Estudio de las propiedades químico físicas y terapéuticas de algunas aguas mineromedicinales. Tesis de Diploma Universitario, Facultad de Farmacia, Universidad de La Habana, 72 pp.

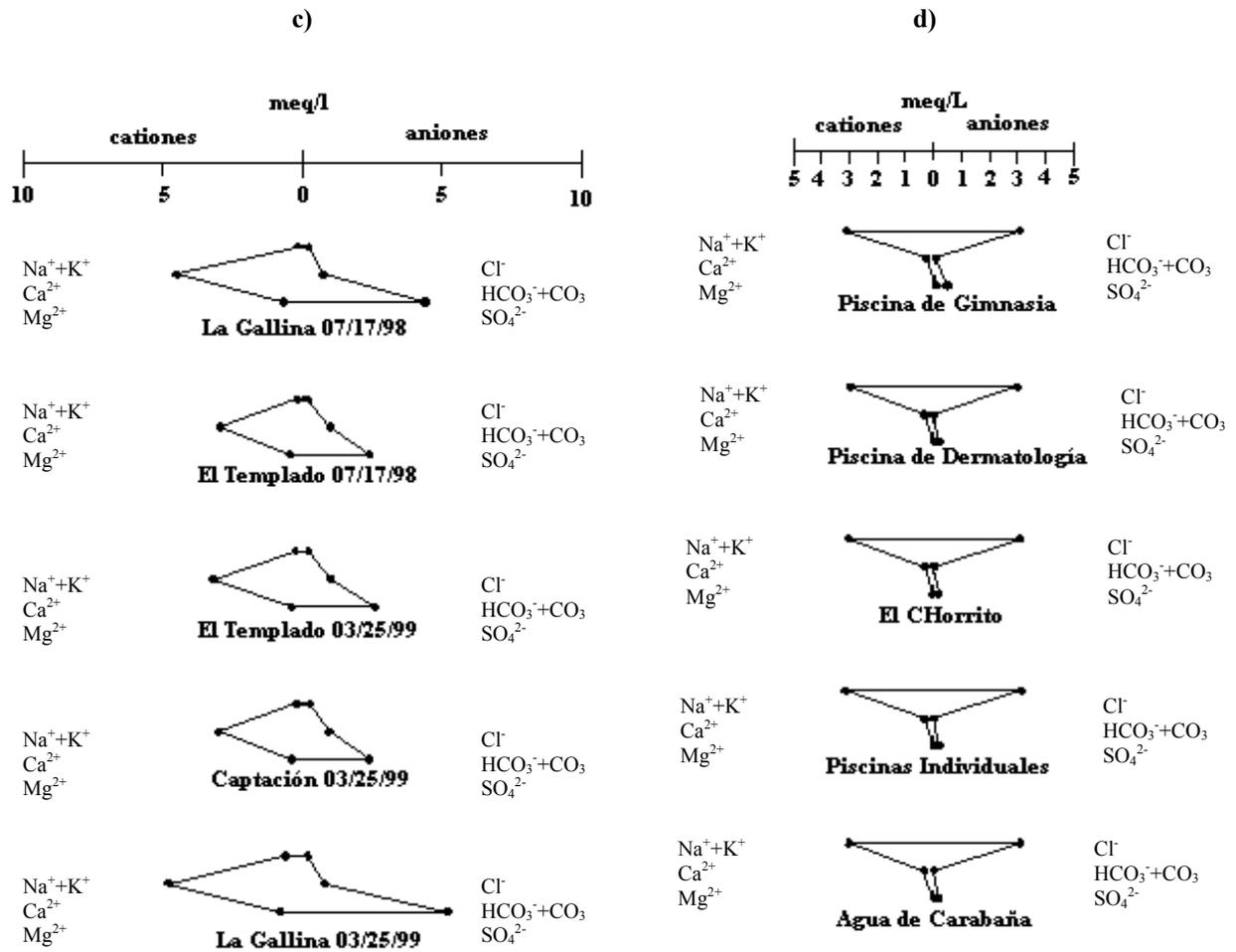


Figura 1. Representación a través de gráficos de Stiff de los diferentes tipos de aguas en:
a) San José de los Lagos; b) Elguea; c) San Diego de los Baños y d) Ciego Montero