

## Algunos parámetros químico-físicos de las aguas del “Lago Azul” del poblado “El Cobre”

*Some chemical-physical parameters of the waters of the "Lago Azul" of the town "El Cobre"*

*Lic. Javier E. Vilasó-Cadre; MSc. Sandra Crombet-Grillet;  
MSc. Norma Pérez-Pompa*

*javiere@uo.edu.cu; scrombet@uo.edu.cu*

*Departamento de Química. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas.  
Universidad de Oriente. Cuba.*

Recibido: 13 de febrero de 2017

Aprobado: 6 de julio de 2017

---

### Resumen

En este trabajo se realizó el estudio de algunos parámetros químico-físicos de las aguas del “Lago Azul” formado en la antigua mina del poblado “El Cobre”, de Santiago de Cuba. Se ubicaron tres puntos de estudio y se realiza la determinación del pH, conductividad, concentración de sulfatos, cloruros, sólidos, oxígeno disuelto y cobre. Las determinaciones se hicieron a nivel superficial y a un metro de la columna de agua. Los resultados mostraron que estas aguas son ácidas, con alta mineralización, una elevada concentración de sulfatos, cloruros, oxígeno disuelto y cobre; siendo clasificadas como aguas minerales sulfatadas. No son aptas para el baño, pudiendo tener aplicaciones como aguas minerales medicinales.

**Palabras clave:** mina, agua mineral, cobre.

### Abstract

In this work, a study of some chemical-physical parameters of the waters of the “Lago Azul” in the ancient mine of the town “El Cobre” of Santiago de Cuba was made. Three sampling points were fixed and the parameters: pH, conductivity, concentrations of chloride, sulfate, solids, dissolved oxygen and copper were determined. Determinations were done at the levels: superficial and 1 meter in-depth. The results showed acid waters, with a high mineralization, high concentrations of sulfate, chloride, dissolved oxygen and copper. These waters can be classified like mineral sulfated. They cannot be used for bath and could have application like mineral medicinal waters.

**Keywords:** mine, mineral water, copper.

## **Introducción**

La “Mina Grande de El Cobre” se encuentra a unos 200 m del poblado “El Cobre”, situado a 21 km al oeste de la ciudad de Santiago de Cuba y cerró en el año 2001. Los 400 años de explotación a cielo abierto dejaron una enorme oquedad, convertida hoy en un lago de cerca de cuatro millones de metros cúbicos de agua, con unos 60 m de profundidad, un kilómetro de largo en su parte más extensa, y unos 800 m en su parte más ancha [1]. Muchas personas le llaman el “Lago Azul” debido a su particular color.

El lago se ha convertido en un atractivo, debido a la creencia de que sus aguas tienen propiedades medicinales, por lo que en ocasiones es usado como lugar de baño. Un agua mineral medicinal, es aquella agua mineral que por su composición y características propias puede ser utilizada con fines terapéuticos, dadas sus propiedades curativas [2]. En Cuba existen normativas que establecen la composición y propiedades que debe cumplir un agua mineral medicinal, por otro lado, el uso de un cuerpo hídrico como lugar de baño está regulado también por normas cubanas [2, 3].

El cobre es conocido por sus propiedades antimicrobianas. Muchos compuestos de este metal son utilizados como alguicidas, bactericidas y fungicidas [4]. Dado el origen del lago, es posible que el contenido de cobre en sus aguas sea elevado, sin embargo, es necesario un reporte cuantitativo para arrojar conclusiones sobre sus posibles usos.

En este trabajo se realizó un estudio de las aguas del “Lago Azul” mediante la determinación de algunos parámetros químico-físicos para su valoración preliminar como aguas de baño y aguas minerales medicinales.

## **Materiales y métodos**

### *Toma y conservación de muestras*

La localización de los puntos de estudio se realizó según la metodología establecida en las Normas ISO 5667 [5-7]. Se fijaron los tres puntos sobre la base de facilidad de acceso a los mismos y la representatividad.

Se tomaron muestras por duplicado a nivel superficial y a un metro de la superficie de la columna de agua en cada punto de estudio, los análisis se realizaron por triplicado. La conservación de muestras se realizó mediante la metodología establecida en APHA (2005) [8]. Para el caso del oxígeno disuelto se utilizaron frascos de 250 mL de boca esmerilada con tapa. Se fijó el oxígeno en el campo empleando las soluciones de sulfato de manganeso (II) y solución álcalis-yoduro-azida [8].

## Puntos de estudio

La figura 1 muestra los puntos de muestreo para el estudio químico-físico de las aguas del “Lago Azul”.



Fig. 1. Localización de los puntos de muestreo para el estudio químico-físico de las aguas del “Lago Azul” del poblado “El Cobre”

### *Punto 1*

Es la zona más utilizada para fines recreativos (baño) por su accesibilidad, posee aguas cristalinas, fondo con presencia de lodo de color amarillo, no se observa la presencia de vida acuática y no hay vegetación en el fondo.

### *Punto 2*

Esta zona es utilizada también con fines recreativos. No se observa la presencia de vida acuática y no es posible observar el fondo por la profundidad existente.

### *Punto 3*

Es una zona que no se utiliza con fines recreativos por la poca accesibilidad, no se observa la presencia de vida acuática, posee un fondo con presencia de lodo de color amarillo.

### *Parámetros analizados*

La tabla 1 muestra los parámetros químico-físicos determinados y los métodos empleados. Algunos parámetros fueron comparados con la Norma Cubana para aguas minerales naturales (NC 716: 2009) [2] y la Norma Cubana para aguas de baño (NC XX: 1999) [3].

**TABLA 1. PARÁMETROS QUÍMICO-FÍSICOS DETERMINADOS EN LA  
CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DEL "LAGO AZUL"**

Parámetro	Método
pH	Potenciometría
Conductividad eléctrica	Conductimetría
Cu <sup>2+</sup>	Iodometría
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Gravimetría
Cl <sup>-</sup>	Método volumétricos de Volhard
Oxígeno disuelto (OD)	Método volumétrico de Winkler-Azida
Sólidos totales (STD)	Gravimetría
Sólidos totales fijos (STF)	Gravimetría
Sólidos totales volátiles (STV)	Gravimetría

## Resultados y discusión

Todas las muestras presentaron color azul tenue observable en grandes volúmenes, fueron inodoras, y con sabor amargo metálico persistente, lo que indica una elevada concentración de metales.

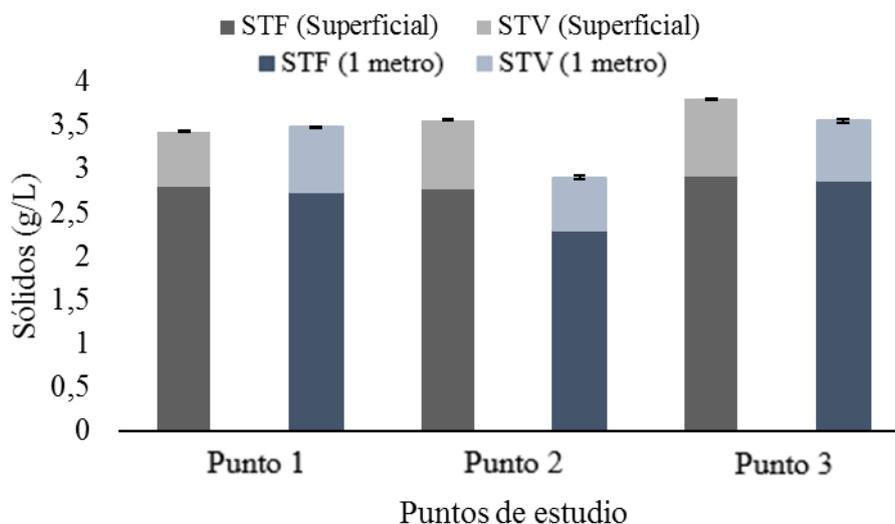
En todos los puntos y profundidades el pH medio fue 4,4 U (tabla 2). Según la NC 716: 2009, estas aguas se clasifican como ácidas, pues su pH es inferior a 6,8 U. Por otro lado, este valor de pH medio es menor que el límite inferior establecido por la NC XX: 1999 para aguas de baño, el cual es de 6,1 U. Las aguas ácidas pueden tener efectos sobre la salud por exposición prolongada. Han sido descritos los efectos dermatológicos de disoluciones moderadamente ácidas de origen inorgánico, las dermatitis se manifiestan en estos casos en periodos largos de exposición, tal y como ocurre durante los tiempos de baño recreativo [9].

**TABLA 2. VALORES MEDIO DE PH Y CONDUCTIVIDAD EN LOS PUNTOS  
DE ESTUDIO A NIVEL SUPERFICIAL Y A UN METRO DE LA  
SUPERFICIE DE LA COLUMNA DE AGUA**

Parámetro	Profundidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3
pH (U)	Superficial	4,4 ± 0,01	4,4 ± 0,01	4,4 ± 0,02
	1 m	4,4 ± 0,05	4,4 ± 0,01	4,4 ± 0,03
Conductividad (mS/cm)	Superficial	2,91 ± 0,04	2,98 ± 0,01	2,96 ± 0,01
	1 m	2,94 ± 0,01	2,95 ± 0,01	2,96 ± 0,04

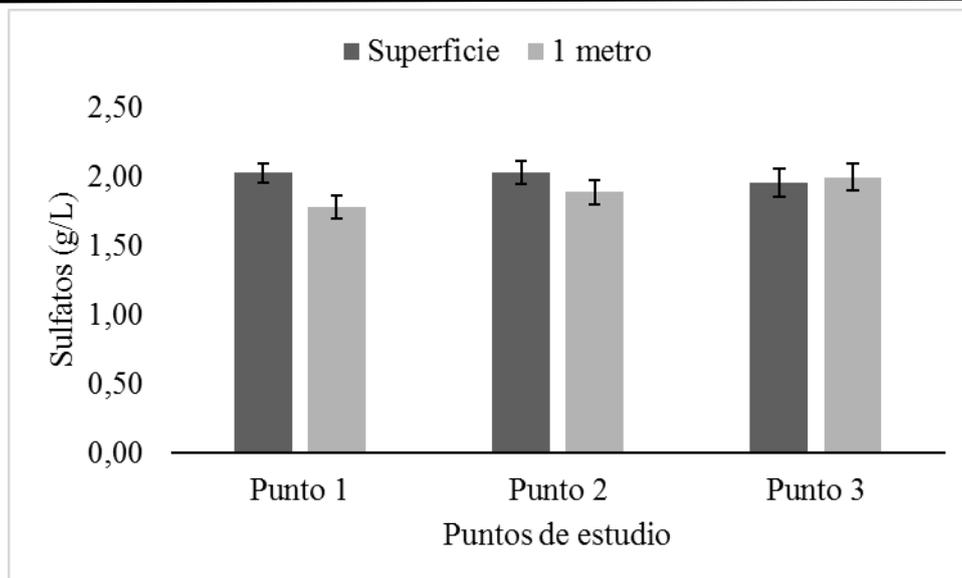
Se observan valores similares de conductividad eléctrica entre cada punto a ambas profundidades. La conductividad eléctrica en agua está relacionada con la salinidad [8]. En este caso la conductividad es elevada, lo que indica que existe una importante cantidad de iones en el medio, lo que está en correspondencia con el origen mineral del lago.

Los sólidos totales en disolución (STD) (figura 2) se encuentran en una concentración mayor que 1 g/L, lo que permite afirmar que estas aguas son de alta mineralización [2]. Los STD se encuentran divididos en sólidos totales fijos (STF) y sólidos totales volátiles (STV). Los STF indican la presencia de sales inorgánicas y a ambos niveles de profundidad su concentración es elevada. Los STV indican la presencia de sustancias de origen orgánico, siendo mucho menos que los STF. La distribución de sólidos está en correspondencia con el origen mineral de estas aguas, donde el contenido de materia inorgánica debe ser elevado.



**Fig. 2. Sólidos en disolución en los puntos de estudio a nivel superficial y a un metro de la superficie de la columna de agua**

La concentración común de iones sulfatos en la hidrosfera en ríos y lagos oscila entre 250 y 1 000 mg/L [10], por lo que es posible afirmar que la concentración de sulfatos en estas aguas es elevada (figura 3).

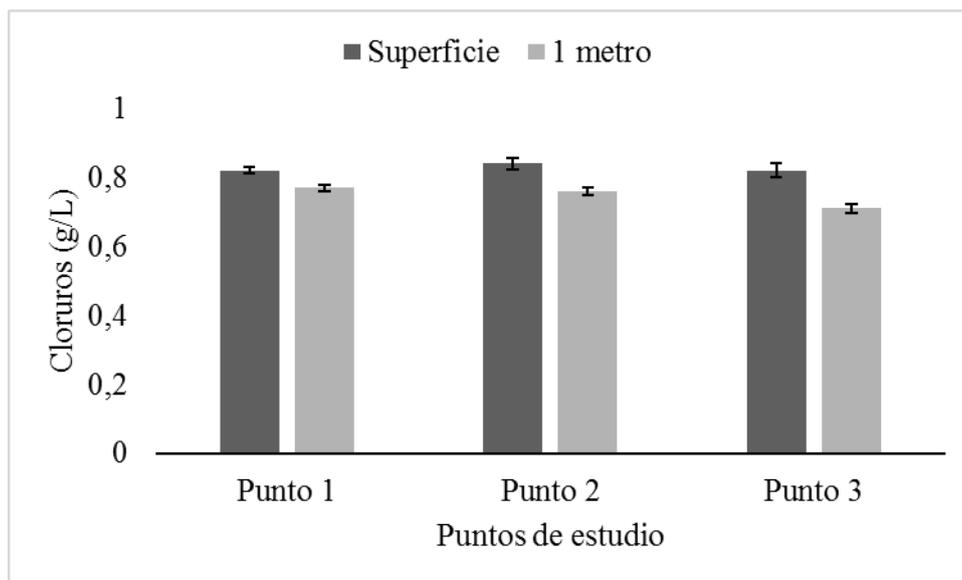


**Fig. 3. Concentración de sulfatos en los puntos de estudio a nivel superficial y a un metro de la superficie de la columna de agua**

Estas aguas son sulfatadas, pues en todos los casos la concentración de sulfatos es mayor que 20 mEq/L, valor mínimo establecido por la NC 716: 2009 para clasificar un agua mineral como sulfatada.

Las aguas minerales sulfatadas presentan características físicas generales que están en correspondencia con las observadas en este caso: son aguas superficiales frías, sin olor característico y con sabor amargo. Han sido ampliamente demostradas las propiedades medicinales de las aguas sulfatadas, entre estas propiedades destacan su acción en dermatopatías y pruritos [11].

Los iones cloruros en los puntos de estudio (figura 4), se encuentran en cantidades significativamente inferiores a los iones sulfatos. Aun así, su concentración es elevada con respecto a otras aguas terrestres superficiales [12, 13]. Las concentraciones elevadas de ambos iones se asocian al origen mineral de estas aguas.



**Fig. 4. Concentración de cloruros en los puntos de estudio a nivel superficial y a un metro de la superficie de la columna de agua**

Las aguas superficiales poco contaminadas con materia orgánica muestran buena oxigenación, pues el oxígeno disuelto está relacionado con la oxidación de materia fundamentalmente orgánica [14]. Para el desarrollo de la vida acuática es necesaria la oxigenación del cuerpo hídrico. A nivel superficial el oxígeno disuelto no fue detectado por el método de cuantificación empleado, lo que indica que existe muy poco oxígeno a este nivel de profundidad. Sin embargo, a un metro de profundidad en los tres puntos de estudio la concentración de oxígeno fue similar (figura 5), en un rango de 10 a 12 mg/L. Un cuerpo de agua se considera bien oxigenado cuando sus niveles de oxígeno disuelto se encuentran en el rango de 8 a 12 mg/L, aunque en la mayoría de las aguas donde se desarrolla vida acuática muestran niveles entre 5 y 10 mg/L [14]. Los valores de oxígeno disuelto en este caso pueden estar en correspondencia con la poca vida acuática que se observa en el lago.

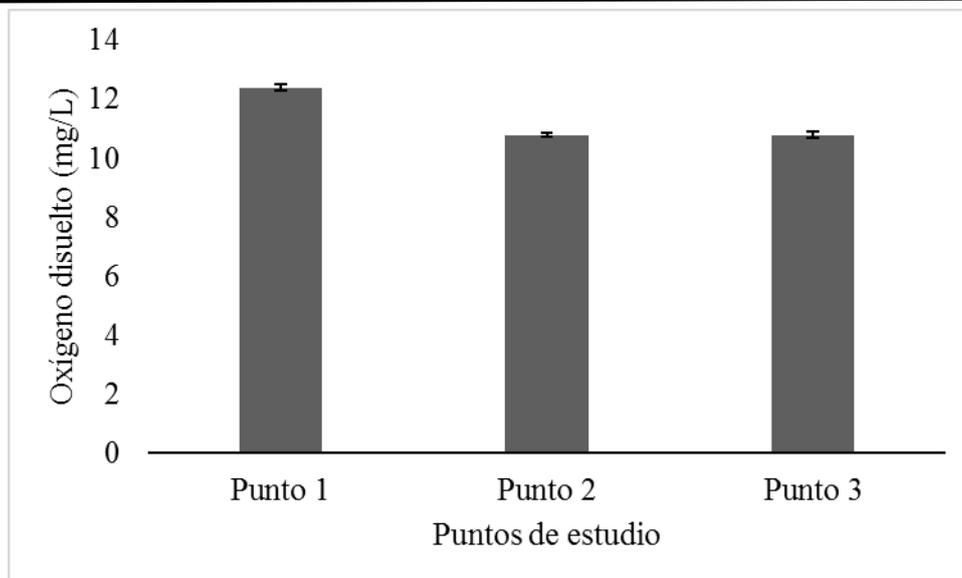


Fig. 5. Concentración de oxígeno disuelto a un metro de la superficie de la columna de agua en los puntos de estudio

El contenido de cobre (figura 6) en los puntos 1 y 2 es similar en cada uno de los niveles de profundidad. El tercer punto de estudio muestra mayor concentración de cobre.

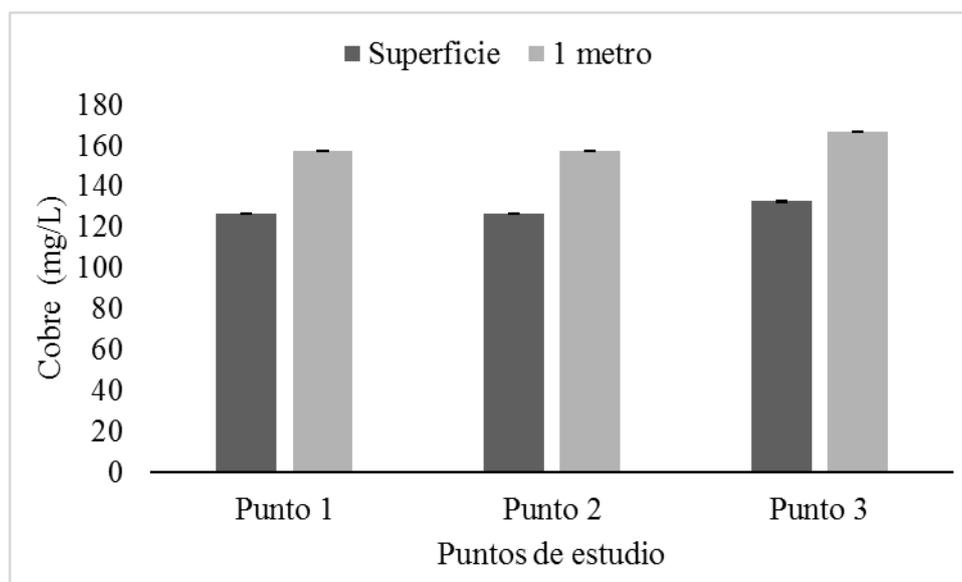


Fig. 6. Concentración de cobre en los puntos de estudio a nivel superficial y a un metro de la superficie de la columna de agua

La comparación de las concentraciones mediante una Prueba para la Comparación de Muestras Múltiples, arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los valores de concentración (valor  $p=0$ ,  $\alpha=0,05$ ). El contraste múltiple de rangos mediante la Prueba LSD de Fisher mostró que las concentraciones de cobre a cada nivel de profundidad en el punto 1, no difieren estadísticamente con los correspondientes valores en el punto 2. Sin embargo, en el punto 3, la concentración de cobre a ambos niveles es diferente con respecto a los demás puntos.

En todos los casos, la concentración de cobre es elevada, tal y como es de esperar para estas aguas que tienen su origen en una mina de cobre. El río “Cobre”, un cuerpo hídrico cercano, se considera contaminado por cobre, con concentraciones máximas desde 0,5 hasta 0,1 mg/L desde el año 1999 hasta el 2005 respectivamente, y es notable la diferencia con las concentraciones de cobre en las aguas del “Lago Azul” [15], por tanto, el uso de estas aguas para el baño constituye una fuente de exposición significativa a cobre, lo que puede significar un riesgo para la salud humana. La exposición aguda a compuestos de cobre provoca vómitos y diarreas, irritación de los ojos, la nariz, faringe y gusto metálico. Por otra parte, la exposición a largo plazo puede traer peores consecuencias pues el cobre se absorbe a través de la piel y mucosas, causando daños renales y hepáticos, incluso anemia [4].

El alto contenido de cobre no elimina la posibilidad de usar estas aguas con fines medicinales. Al ser sulfatadas, se podrían utilizar fundamentalmente para el tratamiento de padecimientos gastrointestinales y dermatológicos [11], además el mismo contenido de cobre le puede conferir propiedades antimicrobianas, sin embargo, esto podría restringir las formas de uso y vías de administración.

## Conclusiones

*Las aguas del “Lago Azul” del poblado “El Cobre” son ácidas, con alta mineralización y una elevada concentración de cloruros, sulfatos, oxígeno disuelto y cobre; clasificándose como aguas minerales sulfatadas. Los parámetros químico-físicos indicaron que estas aguas no son aptas para su uso como aguas de baño, pudiendo tener aplicaciones como aguas minerales medicinales.*

## Referencias bibliográficas

1. COSME, B.; ZOILA, M.; MORCATE, F. “Diagnóstico del ambiente urbano para futura estrategia de desarrollo local del asentamiento urbano El Cobre”. *Ciencia en su PC*. 2014, **1**, 47-60.
2. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. “Aguas Minerales Naturales – Requisitos para la clasificación, evaluación, explotación y procesamiento de las aguas minerales para beber” (NC: 716 2009). La Habana, 2009.
3. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. “Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénico sanitarios” (NC: XX 1999). La Habana, 1999.

4. NORDBERG, N. "Metales: propiedades químicas y toxicidad". En: MAYER STELLMAN, J. (Ed). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. 3ra Edición. Ginebra: Chantal Dufresne BA, 1998, vol. 9, pp. 1-63. ISBN: 84-8417-047-0.
5. ISO. Calidad del agua: muestreo. 5667-1, 2004.
6. ISO. Calidad del agua: muestreo. 5667-9, 2004.
7. ISO. Calidad del agua: muestreo. 5667-10, 2004.
8. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and wastewater*. 21 edición. Washington: American Public Health Association, 2005.
9. ALONSO, L.; RODRÍGUEZ, M. E. "Dermatitis por contacto ocupacional". *Rev Cent Dermatol Pascua*. 1999, **8** (2), 89-95.
10. DELISLE, C. E.; SCHMIDT, J. W. "The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada". Ottawa, Ontario: National Research Council of Canada, 1997. NRCC No. 15015.
11. MARTÍN MEGÍAS, A. "Aguas Sulfatadas". *Tribuna termal*. 2010, **20** 50-52.
12. PÉREZ, N. E.; MARAÑÓN, A.; GONZÁLEZ, A.; RODRÍGUEZ, Y.; NARANJO, C. "Estudio de la correlación entre el índice biótico bmwp-cub y parámetros físicoquímicos en el río Gascón de Santiago de Cuba". *Revista Cubana de Química*. 2012, **24** (3), 231-242.
13. PÉREZ, N. E.; MARAÑÓN, A.; DIP, A.; NARANJO, C. "Evaluación temporal de la calidad de las aguas del río Los Guaos de Santiago de Cuba". *Revista Cubana de Química*. 2014, **26** (2), 115-125.
14. RED DE MONITOREO AMBIENTAL PARTICIPATIVO DE SISTEMAS ACUÁTICOS. "Guía para la utilización de las Valijas Viajeras". Montevideo, 2007.
15. GONZÁLEZ, A.; MARAÑÓN, A.; PÉREZ, N. E.; REYES, B.; AGUIRRE, S. "Influencia del cierre de la Mina Grande en la calidad de las aguas del río Cobre de la provincia Santiago de Cuba". *Revista Cubana de Química*. 2009, **21** (2), 37-44.