

## **Evaluación de metales pesados e impacto ambiental en los pozos “Rive Fuente” y “Bárbara” del poblado El Cobre**

*Evaluation of heavy metals and environmental impact in wells “Rive  
Fuente” and “Barbara” of the town El Cobre*

*Dra. C. María de los Ángeles Arada Pérez<sup>1</sup>, Lic. David Garrido Larramendi<sup>II</sup>,  
MSc. Ana Teresa Acebal Ibarra<sup>II</sup>*

*mayarada@uo.edu.cu*

*<sup>1</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de  
Oriente, Cuba; <sup>II</sup>Laboratorio de agua de la Empresa Geominera Oriente “Elio Trincado”,  
Santiago de Cuba, Cuba*

Recibido: 13 de Junio de 2017

Aprobado: 6 de Octubre de 2017

---

### **Resumen**

En este trabajo se caracterizaron y evaluaron las aguas de dos pozos ubicados en el poblado de El Cobre, de la Provincia Santiago de Cuba. Se efectuaron doce muestreos, analizando en las aguas colectadas metales pesados, debido a la cercanía a la zona minera de este poblado. Los resultados reflejaron que estas aguas no son aptas para ser utilizada como agua potable, ni para abasto, debido a que existen metales pesados cuyos valores son superiores a los establecidos según las Normas Cubanas, NC 827-2012 “Agua Potable” y la NC 1021: 2014 “Higiene Comunal-Fuentes de abastecimiento de agua” tales como Pb, Cd, Al y Cr dando impacto positivos los metales Al y Cd.

**Palabras clave:** agua potable, calidad del agua, impacto ambiental.

### **Abstract**

In this work are characterize and evaluate the water from two wells, located in at the town of the Copper of James's Province of Cuba. Twelve samplings took effect, examining in collected waters metals weighed, given to the mining zone by proximity of copper. The results showed that these waters are not apt to be used as drinkable water neither for provisioning, owed to than existmetals whose valuables were weighed are superior to the established according to Standards Cubans, NC the 827-2012 Waters Down Drinkable and the NC 1021: 2014 “Communal Hygiene. Sources of Supply of water”; such like Pb, Cd, Al and Cr.

**Keywords:** drinking waters, water quality, environmental impact.

## Introducción

Los metales pesados, entre los que podemos citar Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb y Bi, resultan altamente tóxicos al hombre, cuya presencia en determinadas cantidades lleva aparejadas disfunciones en el organismo, además de presentar la propiedad de acumularse.

Los metales son especies no degradables en la naturaleza, ni química, ni biológicamente. Experimentan transformaciones que dependen de diferentes factores como pH, potencial redox, temperatura y debido a diferentes procesos pueden distribuirse entre los entornos aire-agua-suelo, ya sea cambiando su estado de oxidación o incorporándose a los seres vivos [1]. El comportamiento de las trazas de metales en sistemas acuáticos es muy complejo, debido al gran número de posibles interacciones y los equilibrios con sustancias disueltas y particuladas [2]. Su presencia en las aguas está directamente relacionada con la naturaleza de estas y con las actividades de núcleos poblacionales, agropecuarios y mineros, también por la naturaleza de los efluentes y por la movilización de los metales desde los sedimentos [3].

La calidad, la disponibilidad y el acceso al agua potable constituyen un derecho humano y un componente básico en la política nacional de nuestro país. Cada día es de mayor importancia la obtención de agua segura para garantizar la prevención de enfermedades asociadas al consumo de agua con una calidad sanitaria inadecuada. Según la OMS (2004) [4], el agua potable es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud, cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.

Teniendo en cuenta que las aguas de los pozos “Bárbara” y “Rive Fuentes” son empleadas por los pobladores, por lo cual en este trabajo nos propusimos realizar una evaluación de los contenidos de metales en ambos pozos y determinar el impacto cuantitativo a aquellos metales que mostraron presencia superiores a los valores admitidos en las Normas Cubanas, NC 827-2010 “Agua Potable” [5] y la NC 1021:2014 “Higiene Comunal-Fuentes de abastecimiento de agua” [6].

## Materiales y métodos

Para realizar la parte experimental de este trabajo se utilizan los materiales y equipos disponibles en el Laboratorio de Química Ambiental, perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Oriente y en el UEB Laboratorio de la Empresa Geominera Oriente, Santiago de Cuba.

### *Ubicación y características de las estaciones de muestreo*

Las muestras fueron colectadas superficialmente por especialistas (doce muestreos). La toma y conservación de las mismas, se realizó mediante la metodología establecida en el Standard Methods [7, 8]. La temperatura se determinó *in situ*.



**Fig. 1. A) Pozo “Rive Fuente” y B) Pozo “Bárbara”**

Para la determinación de los metales, se empleó un Espectrómetro ICP-OES Spectro ARCOS, con modo de observación radial (SPECTRO Analytical Instruments, Kleve, Alemania). Denominación: SPECTRO ARCOS, modelo: FHX, tipo: 76004553. La antorcha en la caja de protección se instaló en posición en posición vertical.

Las medidas de las intensidades de las líneas de emisión y los parámetros de operación, se recogen en la tabla 1 y 2, respectivamente.

**TABLA 1. LÍNEAS DE EMISIÓN UTILIZADAS  
EN EL ICP-OES SPECTRO ARCOS**

Metal	Líneas (nm)
Al	308,215
Cd	228,802
Co	228,616
Cu	324,754
Pb	220,353
Zn	213,856
Ni	231,604
As	193,759
Sb	217,581
Cr	284,325
Fe	259,941
Hg	184,950
Ag	328,068

**TABLA 2. CONDICIONES INSTRUMENTALES DEL ESPECTRÓMETRO  
ICP-OES SPECTRO ARCOS**

Parámetros	Valor
Tiempo de lectura	28 s
Potencia del plasma	1 400 W
Velocidad de la bomba peristáltica	30 Rpm
Flujo de argón del plasma	12 L min <sup>-1</sup>
Flujo de argón del nebulizador	1 L min <sup>-1</sup>
Flujo de argón auxiliar	1 L min <sup>-1</sup>
Velocidad de aspiración de la muestra	2 mL min <sup>-1</sup>
Temperatura de trabajo	15 °C

### *Disoluciones empleadas*

En la preparación de las disoluciones de calibración se utilizaron las disoluciones Stock en los siguientes intervalos de concentración: Al, Fe y Cr: 1,25-5,00 mg L<sup>-1</sup>; Cd y Hg: 0,25-1,00 mg L<sup>-1</sup>; Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As y Sb: 0,50-2,00 mg L<sup>-1</sup>.

La disolución monoelemental: se prepararon cuatro disoluciones de calibración para el elemento Ag, en el intervalo 0,50-2,00 mg L. Para la preparación de las mismas se utiliza ácido clorhídrico 1:1 y ácido nítrico 0,5 mol L; así como disoluciones monoelementales de 1 000 mg L<sup>-1</sup> de Al, Cd, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb, Cr, Fe, Hg y Ag. Los reactivos utilizados poseen calidad espectral.

La calibración se realizó con dos grupos de disoluciones: una multielemental y una monoelemental. El grupo multielemental de cuatro disoluciones contenía todos los analitos con excepción del elemento Ag pues de lo contrario precipita a AgCl con el ácido clorhídrico, y se prepara en matraces ámbar.

#### *Normativas utilizadas*

Los resultados obtenidos fueron comparados con la NC 827-2012 [5] para agua potable y con la NC 1021:2014 Higiene Comunal. Fuentes de abastecimiento de agua [6].

#### *Evaluación del impacto ambiental*

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento de gestión que permite generar información ambiental, social y económica para la toma de decisiones, en cuanto a la factibilidad de una inversión o actividad, al determinar los impactos negativos y las medidas para eliminarlos o mitigarlos [3]. Entre los diferentes métodos de EIA están las matrices causa-efecto, o de interacción, donde se cruzan las acciones humanas con los factores del medio que pueden ser afectados, y pueden ser muy útiles para identificar el origen de diferentes impactos [9].

La cuantificación del impacto ambiental de las muestras de agua en base a un parámetro dado, se determina mediante la expresión (1):

$$\text{Impacto Ambiental} = P_A - P_{NC} \dots \dots \dots (1)$$

donde

$P_A$ : valor del parámetro determinado en las muestras de agua

$P_{NC}$ : valor del parámetro reportado en la NC 827-2012

Cuando los valores de los parámetros de caracterización son mayores a los límites permisibles normados, el impacto es positivo y representa un daño ambiental severo [10].

#### *Métodos estadísticos*

Los datos fueron procesados a través del programa Origin 8 [11] y Statgraphics [12]. Para el resumen de la información fueron utilizados como medida de tendencia central, la media y como medida de la dispersión, la desviación estándar (DE).

### **Resultados y discusión**

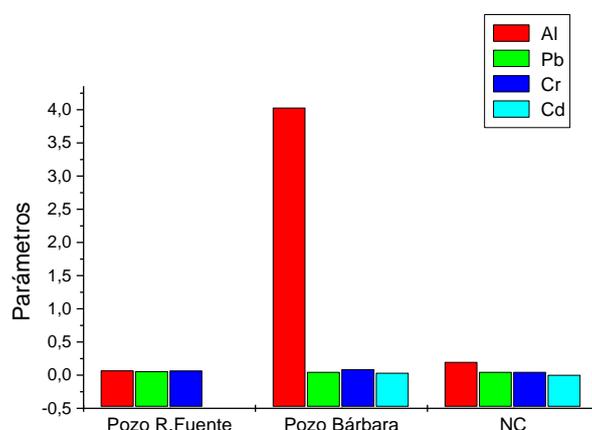
Una vez analizadas las muestras colectadas, se procedió al tratamiento de las muestras, según lo establecido por el método a emplear. Los resultados se muestran en la tabla 3.

**TABLA 3. VALORES MEDIOS OBTENIDOS PARA LA CONCENTRACIÓN  
DE METALES PESADOS EN AMBOS POZOS (mg/L)**

Metal	Pozo “Rive Fuente”	Pozo “Bárbara”	NC 827-2012 Agua potable	NC 1021:2014 Agua para abasto
Al	0,071 6	4,033 5	0,2	NR
Cd	0,001 4	0,034 5	0,005	0,005
Co	0,011 8	0,017 4	1,0	NR
Cu	0,037 7	0,721 8	2	2
Pb	0,057 4	0,050 6	0,05	0,05
Zn	0,036 6	1,122 3	5.0	5
Ni	0,019 1	0,010 4	0,02	0,02
As	0,041 7	0,041 7	0,05	0,05
Sb	0,126 5	0,155 8	NR	NR
Cr	0,070 5	0,090 5	0,05	NR
Fe	0,141 6	0,185 2	0,3	0,3
Hg	0,068 2	0,120 9	NR(0,001 NC 2010)	NR
Ag	0,023 6	0,023 7	NR	NR

NR: No reportado

Como se puede observar en el caso del Pb, Cr (en ambos pozos), y el Al y Cd en el pozo Bárbara, las concentraciones se reportan con valores por encima de la NC, las causas pueden ser múltiples. El resto de los metales estudiados, se encuentran por debajo de la Concentración Máxima Admisible (CMA) según lo establecido en la norma cubana de agua potable (NC 827-2012). No obstante, debemos señalar que los pozos están ubicados en las cercanías de la mina de Cobre y de Oro, esta pudiera ser la causa principal de la presencia de estos índices de contaminación de estos metales (figura 2).



**Fig. 2. Comparación de los metales pesados  
que sobrepasan el valor establecido por la NC**

La presencia de estos metales en el organismo puede ocasionar daños tales como [13-15]:

Pb: el plomo puede afectar la síntesis de la hemoglobina y el tiempo de vida media de los glóbulos rojos, así como al sistema nervioso central y periférico. La contaminación por el plomo en los riñones produce cambios en las mitocondrias e inflamación de las células del epitelio del túbulo proximal y alteraciones funcionales que provocan aminoaciduria, síndrome de Fanconi. Todos los compuestos de plomo son tóxicos en diferente grado, dependiendo de su naturaleza química y grado de solubilidad de cada compuesto, los más tóxicos son los compuestos orgánicos.

Cd: metal tóxico para todas las formas de vida y en el hombre puede provocar daños en el aparato digestivo, riñones, produce descalcificación y lesiones en la médula ósea e inhibe algunos procesos enzimáticos. Se considera que afecte el ADN y contribuya al desarrollo de cáncer. Sus vapores producen severas lesiones en los pulmones. Se estima que este metal tenga relación con la hipertensión arterial. El cadmio, transportado por la sangre, llega al hígado donde se une a las proteínas para formar complejos que son transportados hacia los riñones, una vez allí se acumula causando daño en el mecanismo de filtración. Esta es la causa de la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo.

Al: puede producir daños en los seres humanos, así como en las plantas y animales acuáticos.

Cr: los compuestos de  $Cr^{+3}$  provocan intolerancias hacia la glucosa y esta es la causa de la aparición de diversos problemas, los compuestos de Crison cancerígenos.

Teniendo en cuenta los daños que ocasiona el consumo de aguas con estos índices de metales pesados, estimamos no hacer uso de estas aguas para consumo humano, ni animales de cría a ser consumidos luego por el hombre.

### *Evaluación del Impacto Ambiental*

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) introduce las primeras formas de control de las interacciones de las intervenciones humanas con el ambiente (ya sea en forma directa o indirecta), mediante instrumentos y procedimientos dirigidos a prever y evaluar las consecuencias. Todo esto con la intención de reducir y mitigar los impactos [10].

Es importante enfatizar que un impacto ambiental es siempre la consecuencia de una acción de carácter antropogénica, a partir de los deterioros registrados en el medio ambiente por algunos sectores de la sociedad. Aunque es justo admitir que no todas las consecuencias de una acción humana merecen ser consideradas como impactos ambientales, Por lo cual, es que se instituyó estos estudios ambientales [9].

En la tabla 4 puede observarse la cuantificación del impacto obtenido en el estudio.

**TABLA 4. CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS METALES**

Elemento	P <sub>A</sub>		P <sub>NC</sub>	Impacto Ambiental	
	Pozo “Rive Fuente”	Pozo “Bárbara”		Pozo “Rive Fuente”	Pozo “Bárbara”
Al	-	4,033 5	0,2	-	+3,833 5
Cd	-	0,034 5	0,005	-	+0,029 5
Pb	0,0574	0,050 6	0,05	-0,007 4	-0,000 6
Cr	0,0705	0,090 5	0,05	-0,0205	-0,040 5

Como puede observarse en la tabla, el mayor impacto de metales se obtuvo para el pozo Bárbara Al (+3,833 5), seguido del Cd para el pozo Bárbara (+0,029 5). Los metales Pb y Cr dieron impactos negativos para ambos pozos.

## Conclusiones

*Realizada la evaluación de metales en los pozos “Rive Fuentes” y “Bárbara” del poblado de El Cobre y teniendo en cuenta la concentraciones encontradas de Pb, Al, Cr y Cd en los mismos, los cuales sobrepasan los Límites máximos admitidos según las NC 827-2012 “Agua Potable” y la NC 1021:2014 “Higiene Comunal-Fuentes de abastecimiento de agua”; se recomienda no hacer uso de estas aguas como agua de mesa, ni para crianza de animales a consumir por el hombre.*

## Referencias bibliográficas

- [1].MORENO, D.; QUINTERO, J.; LÓPEZ, A. “Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia”. *Revista Contactos*. 2010, **78** (1), 25-33.
- [2].LASERNA, J.; PÉREZ, D. *Temas avanzados de Análisis Químico*. España: Ediciones Edinford, V. Málaga. 1994.
- [3].LÓPEZ, C. *et al.* “Influencia del embalse Parada en la calidad del agua del Rio Cobre”. *Revista Cubana de Química*. 2002, **14** (3), 24-33.
- [4].OMS. Normas Internacionales para el agua potable. 1973.

- [5].OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Comité Técnico de Normalización NC/CTN 3 de Gestión Ambiental. NC 827:2012. Agua Potable Requisitos Sanitarios. 2<sup>da</sup>. Edición. La Habana. Cuba.
- [6].OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NC 1021:2014. Higiene Comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección Sanitaria. La Habana. Cuba.
- [7].AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>ra</sup> Edición, Ra. Washington, 2005.
- [8]. NORMA ISO. Calidad del agua .Guía para la preservación y manipulación de muestras, 5667-3. 1994.
- [9]. FERNÁNDEZ, V. C. *Guía Metodológica para la valoración del impacto ambiental*. 3<sup>ra</sup> Edición. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1997.
- [10].MILAN, J. A. *Curso de estudio y evaluación de impacto ambiental*. Universidad Nacional de Arquitectura. Nicaragua: Ed. UNI, 2004.
- [11]. ORIGIN. MICROCAL (TM). Vers. 8.0724. Computer software. Copyright Microcal Software Inc, 1991-2007.
- [12]. STATGRAPHICS PLUS. Vers. 5.1. Windows, Computer software. StaticalGraphics Corp., 1997.
- [13].VALLET, V. C.; FAUS, J.; GARCÍA ESPAÑA, E.; MORATAL, J. *Introducción a la química Bioinorgánica*. Madrid: Editorial Mundi Prensa, 1993. ISBN 84-9756-073-6.
- [14].NESSE, A.; GARBOSSA, G.; PÉREZ, G.; DVITTORI, D.; PREGI, N. “Aluminio: ¿Culpable o Inocente?”. *Revista Química Viva*. 2003, **2** (1), 8-14.
- [15]. DEVLIN, T. M. *Bioquímica*. 4<sup>ta</sup> Edición. Barcelona: Reverté, 2004. ISBN 84-291-7208-4.