

Caracterización por métodos físico-químicos y evaluación del impacto cuantitativo de las aguas del Pozo la Calera

Characterization for physicochemical methods and evaluation of the quantitative impact of the waters of the Well the Limestone Quarry

*Lic. Cecília Chibinda^I, Dra. C. Maria de los Angeles Arada –Pérez^{II},
MSc. Norma Pérez –Pompa^{II}*

mayarada@uo.edu.cu

*^IEscola Superior Politécnica do Zaire, Universidade Onze de Novembro, Angola,
^{II}Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente, Cuba.*

Recibido: 17 de octubre de 2016

Aprobado: 7 de enero de 2017

Resumen

En este trabajo se caracterizan y evalúan las aguas de dos pozos ubicados en “La Calera”, Reparto Veguita de Galo de la Provincia de Santiago de Cuba. Se situaron 2 estaciones de muestreo (Pozos I y II). Se efectuaron doce muestreos, analizando en las aguas colectadas 26 parámetros físico-químicos, además de bacterias coliformes totales y fecales. Los resultados reflejaron que estas aguas no son aptas para ser utilizada como agua potable ni para abasto, debido a que existen parámetros cuyos valores son superiores a los establecidos según las Normas Cubanas, NC 827-2010 “Agua Potable” y la NC 1021: 2014 “Higiene Comunal - Fuentes de abastecimiento de agua”; tales como nitrato, nitrito, amonio entre otros; además de la presencia de bacterias coliformes totales y fecales.

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

Abstract

In this work are characterize and evaluate the water from two wells, located in "La Calera" locality Veguita de Galo of the Santiago de Cuba Province. Two sampling stations (Well I and II) were placed. Twelve samplings were carried out in the period from 2014 to 2016. Analyzing in the collected water 26 physical and chemical parameters, in addition to totals coliform, fecal coliform, bacteria The results showed that these waters are not apt to be used as drinkable water neither for provisioning, owed to than exist parameters whose moral values are superior to the established according to Standards Cubans, NC the 827-2010 Waters Down Drinkable and the NC 1021: 2014 “Communal Hygiene. Sources Of Supply of water”; Such like nitrate, little niter, ammonium among others; in addition to bacteria's presence, totals and fecal coliform.

Keywords: drinking waters, water quality, environmental impact

Introducción

El conocimiento de las aguas subterráneas como recurso hídrico desarrolla un papel primordial dentro del marco socio-económico; así como en el contexto socio-ambiental. El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre. Sin embargo, estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes del 2030. Es por ello que las investigaciones y el estudio relacionado con la calidad de las aguas juegan un rol muy importante.

Hoy en día la calidad sanitaria del agua [1-2] para garantizar la prevención de enfermedades asociadas al consumo de esta, es de vital importancia a nivel mundial. En nuestro país, Cuba, se tiene como componente básico en la política nacional que sus habitantes tengan la disponibilidad de agua potable, como un derecho humano, invirtiendo para ello numerosos recursos.

El consumo de las aguas varía según el tipo de actividad para lo cual se emplea [3-7]. El empleo para consumo doméstico, tiene en cuenta la higiene personal, lavado de utensilios, cocina, bebida, lavado de autos, riego de jardines, etc. Las aguas de los pozos ubicados en “La Calera” (Reparto Veguita de Galo, Santiago de Cuba) se utilizan, fundamentalmente, con fines domésticos, sin conocer la calidad de la misma.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de este trabajo es evaluar a través de parámetros físico-químicos la calidad de las aguas de dos pozos ubicados en esta localidad, “La Calera”, teniendo en cuenta lo establecido por las Normas Cubanas, NC 827-2010 [3] que regula los criterios de calidad y los requisitos para el agua potable y de la NC 1021: 2014 “Higiene Comunal - Fuentes de abastecimiento de agua” [7] para así evaluar su calidad y posible uso.

Materiales y métodos

Para realizar la parte experimental de este trabajo se utilizaron los materiales y equipos disponibles en el Laboratorio de Química Ambiental del Departamento de Química perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Oriente, en el laboratorio de agua de la Empresa Geominera Oriente Elio Trincado y en los laboratorios de la UEB ENAST, Santiago de Cuba.

Los procedimientos y técnicas que se emplearon fueron los establecidos para estos estudios en agua. Se realizó la calibración de los equipos empleados y se realizaron las curvas respectivas con sustancias patrones, necesarias para aquellos parámetros que establecen las Normas empleadas para evaluar la calidad de las aguas analizadas.

Ubicación y características de las estaciones de muestreo.

Se efectuaron doce muestreos en el período correspondiente a los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio del año 2014; enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2015 y enero y febrero del 2016. La localización de las estaciones de muestreo se realizó según la metodología establecida en las Normas ISO 5667-1, ISO 5667-3. [8]. Se fijaron dos estaciones de muestreo sobre la base de facilidad de acceso a las mismas. [9]

Los pozos objeto de estudio se encuentran ubicado al sur de la ciudad de Santiago de Cuba, cercano a la costa; aproximadamente a 2 Km de la bahía y a 3 Km del río Aguadores, próximo a su desembocadura al mar.

Pozo I

Está ubicado en una cañada, rodeado de lomas; todas sus aguas de lluvias caen en esta. Sus aguas la utilizan como agua potable y para abasto, el núcleo poblacional “La Calera” población cercana al mismo, y en casos de sequía extrema la utilizan pobladores de casi todo el Municipio Santiago de Cuba.

Pozo II

Se encuentra situado aproximadamente a 11 m del pozo 1, situado en una elevación de aproximadamente 10 m (figura 1). Sus aguas la utilizan para abasto solamente los moradores de una vivienda.

Muestreo y conservación de muestras

Se tomaron muestras por triplicado en cada estación de muestreo. Para recolectar las muestras se utilizaron envases de plástico de 1,5 L de capacidad, lavados previamente con agua destilada y HNO₃ (1:1). La toma y conservación de las mismas, se realizó mediante la metodología establecida en el Standard Methods [10]. La temperatura se determinó *in situ*. La toma de muestra fue a 30 cm de la superficie de la columna de agua. Se efectuaron doce muestreos en el período correspondiente a los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio del año 2014; enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2015 y

enero y febrero del 2016. Los valores de concentración representados para los diferentes parámetros evaluados, son el promedio de 2 034 determinaciones.

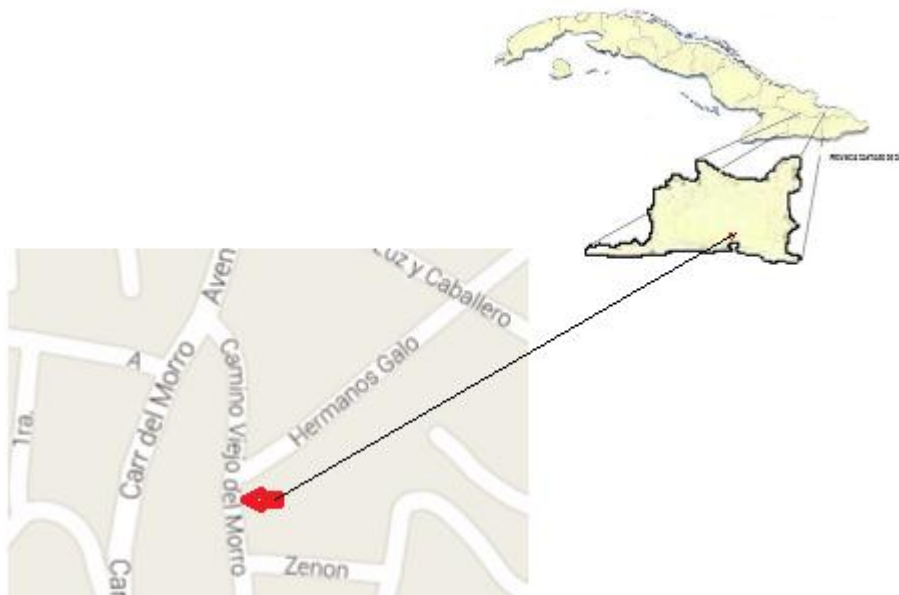


Fig. 1. Localización de la zona de estudio.

Parámetros analizados y métodos empleados

Los parámetros determinados en las muestras fueron: temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (λ), sólidos sedimentables (Ssed), sólidos totales disueltos (STD), sólidos sedimentables totales (SST), sólidos totales (ST), oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), dureza total (DT), dureza cálcica (DCa), dureza magnésica (DMg), Turbiedad (TU), iones fosfato (PO_4^{3-}), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+), sulfato (SO_4^{2-}) sodio (Na^+), potasio (K^+) y cloruro (Cl^-), alcalinidad (HCO_3^-) y (CO_3^{2-}), además se determinaron como indicador microbiológico bacterias coliformes totales (BCT) y bacterias coliformes fecales (BCF) empleando el método del número más probable (NMP/100 mL). Los indicadores determinados fueron seleccionados teniendo en cuenta los requisitos de NC 827-2010, [3] y de la NC 1021:2014, [7], tomando como base los métodos descritos en el Standard Methods [10].

En la tabla 1 se resumen los métodos analíticos utilizados en la determinación de cada uno de los parámetros analizados en las muestras de agua.

TABLA 1. PARÁMETROS ANALIZADOS Y MÉTODOS EMPLEADOS

Parámetros	Métodos Analíticos Empleados
Temperatura	Físico
pH	Potenciométrico
Conductividad eléctrica	Coductimétrico
Oxígeno disuelto	Volumétrico
Sólidos Sedimentables	Volumétrico
Demanda Química de Oxígeno	Volumétrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Volumétrico
Sulfato	Turbidimétrico
Fosfato	Espectrofotométrico
Nitrato	Espectrofotométrico
Nitrito	Espectrofotométrico
Amonio	Espectrofotométrico
Cloruro	Volumétrico
Dureza total	Volumétrico
Dureza cálcica	Volumétrico
Dureza magnésica	Volumétrico
Alcalinidad	Volumétrico
Sólidos totales	Gravimétrico
Sólidos totales en suspensión	Gravimétrico
Sólidos suspendidos	Gravimétrico
Sólidos totales disueltos	Gravimétrico
Sodio	Fotometría de llama
Potasio	Fotometría de llama
Turbiedad	Nefelométrico
Bacterias coliformes totales	Microbiológico (NMP/100ml)
Bacterias coliformes fecales	Microbiológico (NMP/100ml)

Los datos fueron procesados a través del Sistema Estadístico 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

Para conocer las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas de los pozos “La Calera”, se realizaron 12 muestreos. Considerando la poca variabilidad observada en los parámetros en ambos pozos, se determinaron los valores medios para los diferentes parámetros estudiados, cuyos resultados se describen en la tabla 2. Los resultados obtenidos fueron comparados con la NC 827-2010 para agua potable y con la NC 1021:2014 Higiene Comunal. Fuentes de abastecimiento de agua.

TABLA 2. RESULTADOS CORRESPONDIENTES A LOS PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Parámetro	Pozo 1	Pozo 2	NC 827:2010 Agua potable	NC 1021:2014 Higiene comunal. Fuente de abasto
pH(U)	7,9	7,7	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	27,5 ± 0,5	27,5 ± 0,5	NR	NR
λ (μ S/cm)	879	879	NR	NR
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	36,0±0,91	26,4±0,85	NR	NR
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	549,1±2,50	563,8±2,75	NR	NR
Na ⁺ (mg/L)	119,6±0,58	ND	200	NR
K ⁺ (mg/L)	13,1±0,75	ND	1	NR
Ca ²⁺ (mg/L)	42,0±1,05	64,7±0,55	NR	200
Mg ²⁺ (mg/L)	53,8±2,25	126,5±1,62	NR	150
DT mg/LCaCO ₃	79,9	341,6	400	400
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	135,6±0,90	243,6±1,23	400	400
Cl ⁻ (mg/L)	114,5±1,70	296±1,81	250	250
ST(mg/L)	851,3±0,65	1 209±0,61	NR	NR
SS (mg/L)	48±1,22	51±1,36	NR	NR
Ssed. (mg/L)	<0,01	<0,01	NR	NR
STD (mg/L)	402	424	NR	1000
SST(mg/L)	457±0,90	474±0,82	NR	NR
NO ₃ ⁻ (mg/L)	53,8±1,23	59,3±1,80	45	45
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,85±1,45	3,04±1,36	0,2	0,01
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,47±1,67	<0,17	0,5	NR
PO ₄ ²⁻ (mg/L)	7,9±0,96	<0,09	NR	NR
SiO ₂ (mg/L)	24±0,42	25±0,50	NR	NR
TU (NTU)	0,7	0,8	NR	10
DBO ₅ (mg/L)	11±5,24	9±0,83	NR	4
DQO (mg/L)	50,7±0,62	30±1,42	NR	NR
OD (mg/L)	3,2	3,7	NR	4 (límite mínimo)

Leyenda: ND. No detectable

NR. No reportado

Las muestras analizadas son incoloras e inodoras, con poca presencia de material flotante. Poseen un color y olor característico y típico de las aguas subterráneas. [13]

Temperatura: La temperatura se comportó en un rango de 27-28 °C; este parámetro no constituye una fuente de contaminación, pues esta se considera si su valor es superior a 50 °C.

pH: Como se observa en tabla 2, el pH osciló entre 7,7 - 7,9 unidades, por lo que se pueden considerar aguas ligeramente alcalinas y los valores están dentro de los límites máximos establecidos por la NC 827-2010 y la NC 1021:2014, (6,5 - 8,5 unidades).

Turbidez: Las partículas insolubles responsables de esta turbidez pueden ser aportadas tanto por procesos de arrastre como de remoción de tierra. El valor medio total de las muestras analizadas se encuentra por debajo del intervalo deseable 10 NTU, según NC 1021:2014 (fuentes de abasto que requieren solo desinfección), los valores se encuentran entre 0,71 y 0,77 NTU, para el pozo 1 y 2 respectivamente, como se observa en la tabla 2.

Conductividad: En las Normas Cubanas que se emplean para la evaluación de los resultados, la conductividad no se considera entre los parámetros normados; sin embargo, el mismo se determina con el objetivo de relacionarlo con el contenido de sales disueltas en estas muestras de agua. La conductividad media en ambos pozos es de 879 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabla 2), indicando que estas aguas presentan una salinidad media. Estos valores a su vez, cumplen lo planteado por Sardiñas *et al.* [14] de que los valores normales de este parámetro en aguas dulces comprenden el rango de 100 a 2 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno – Oxígeno Disuelto: Los valores correspondientes al oxígeno disuelto en ambas estaciones de muestreo se encuentran por debajo del límite mínimo 4 mg/L, establecido en la Norma Cubana de Abasto (NC 1021:2014) (tabla 2, figura 1), clasificándose de calidad mala y según esta Norma requieren tratamiento convencional para ser empleadas; esto puede deberse fundamentalmente a que las aguas de estos pozos, dada su ubicación, están sometidas a una contaminación antropogénica continua, además de la existencia de materia orgánica que cuando va hacia el fondo del cuerpo hídrico provoca el aumento de las demandas de oxígeno de los sedimentos, y debido al intercambio agua-sedimento se produce un

descenso de los niveles de oxígeno disuelto; además de que los rayos solares al no incidir directamente en el agua afectan el proceso de fotosíntesis [15].

La DQO está estrechamente relacionada de forma inversa con la concentración de OD en las aguas, siendo un factor muy importante para indicar contaminación. Los valores medio alcanzados para este parámetro en el pozo 1 es de 50,7 mg/L y para el pozo 2 de 30 mg/L, indicando un alto contenido de materia orgánica susceptible a oxidarse, en la mayoría de los casos hasta CO_2 y H_2O [16], que puede deberse a aguas albañales que pudieran estar contaminando los mismos. El valor obtenido para el pozo 1 es mayor que para el pozo 2, esto puede estar dado a que el pozo 1 se encuentra en la parte baja de una loma, donde puede haber aporte de carga orgánica por escorrentía.

La DBO_5 es otro parámetro indicador de materia orgánica presente en el agua y se emplea para evaluar la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica biodegradable presente [17,18].

En las aguas analizadas los valores obtenidos oscilaron entre 11 y 9 mg/L, pozo 1 y pozo 2 respectivamente (figura 2).

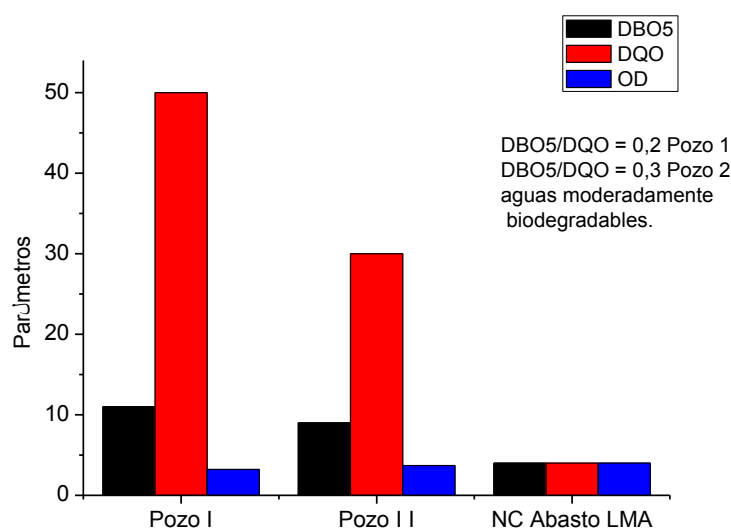


Fig. 2. Comportamiento de la DQO, DBO_5 y OD en las estaciones de muestreo.

Si se tiene en cuenta lo establecido por Orozco *et al* [19], las mismas se consideran aguas contaminadas por presencia de materia orgánica biodegradable, DBO_5 mayor de ocho mg/L, (tabla 3).

**TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS TENIENDO
EN CUENTA LA CONCENTRACIÓN DE DBO₅**

DBO₅	Clasificación
< 3 mg/L	Aguas muy puras
3 – 5 mg/L	Pureza intermedia
> 8 mg/L	Aguas contaminadas

Fuente: Orozco *et al.* [19]

Hidrogenocarbonato: Los resultados obtenidos para el parámetro hidrogenocarbonato, estos se encuentran en 549,1 y 563,8 mg/L, pozo 1 y 2 respectivamente. De manera general, según Allende [20], estas aguas se clasifican en aguas de alcalinidad muy fuerte y muy contaminada. El predominio en estas aguas del ion hidrogenocarbonato con respecto al carbonato (tabla 2), está relacionado con los valores de pH que poseen, menores de ocho unidades. Confirmándose además lo planteado anteriormente, que en aguas subterráneas la especie predominante de ácido carbónico disociado es el hidrogenocarbonato.

Sulfato: Los valores medio de la concentración de iones sulfato en el pozo 1 fue de 135,6 mg/L y en las aguas del pozo 2 valores superiores (243,6 mg/L), sin embargo, estas aguas cumplen con la NC 827-2010 (Agua Potable) y la NC 1021:2014, (Agua para abasto) encontrándose por debajo de la Concentración Máxima Admisible (CMA) 400 mg/L.

DT: Los valores medios obtenidos para el parámetro DT, fueron superiores en el pozo 2, (341,6 mg/L), clasificándose como aguas muy duras (valores superiores a 180 mg/L, ver tabla 4). [24]. Los valores obtenidos para el pozo 1 fueron de 79,9 mg/L, clasificándose como aguas moderadamente duras (valores superiores entre 61-120 mg/L). A pesar de estos elevados valores de DT los mismos se encuentran dentro de la CMA según las NC 1021:2014 y NC 827-2010. Teniendo en cuenta lo planteado por Allende [20], estas aguas pueden clasificarse como incrustantes.

TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN LA DUREZA

Clasificación	mg/L
Blandas	Menos de 60
Moderadamente duras	61-120
Duras	121-180
Muy duras	más de 180

Fuente: Sánchez [24]

En la figura 3 se presentan los valores medios por estación de hidrogenocarbonato, dureza total y sulfato, donde se aprecia claramente que la dureza de estas aguas es mayormente bicarbonatada, pudiendo clasificarse como aguas con dureza temporal. [19]

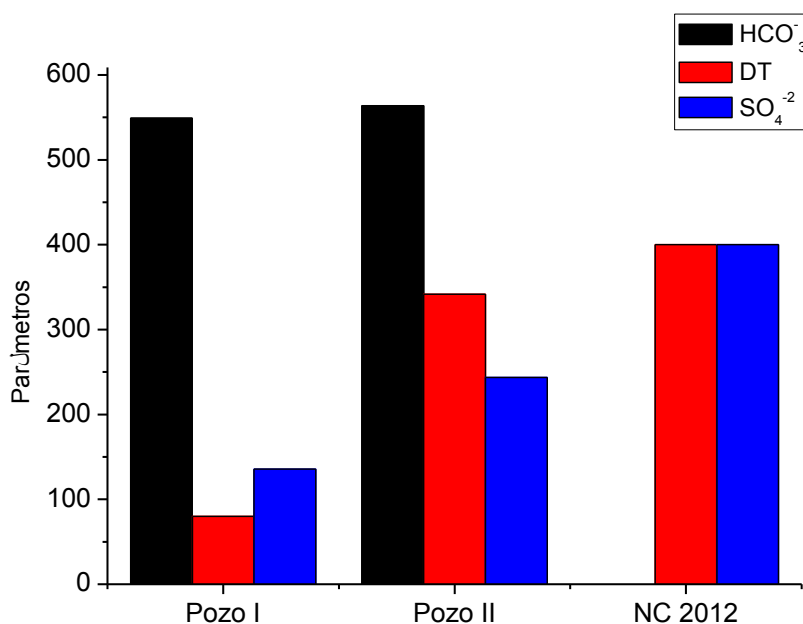


Fig. 3. Comportamiento de los valores de alcalinidad, dureza total y sulfato en las estaciones de monitoreo.

Cloruro: El agua de lluvia puede ser una fuente importante de ioncloruro. A veces puede presentarse un incremento esporádico del contenido de cloruros como consecuencia de contaminaciones domésticas, en particular procedentes de la orina del hombre y de los animales, que contiene por término medio 5 mg/L de ioncloruro [21].

Las concentraciones medias de iones cloruro es de 114,53 y 296 mg/L para el pozo 1 y 2 respectivamente (tabla 2). En las estaciones 1, los valores se mantienen por debajo de

la concentración máxima deseable (250 mg/L) para agua potable y para fuentes de abastecimiento, para el pozo 2, donde se reportan las mayores concentraciones, esto puede deberse a los vertidos de albañales.

Sólidos totales y sólidos totales disueltos: Todos los contaminantes presentes en el agua, a excepción de los gases disueltos, contribuyen a la “carga de sólidos”. Los sólidos pueden ser orgánicos y/o inorgánicos, provenientes de diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales.

En este estudio la concentración media de ST es de 850 y 1 209 mg/L, en las aguas del pozo 1 y 2, respectivamente. Mientras que la concentración media de STD es de 402 y 424 mg/L, en las aguas del pozo 1 y 2 respectivamente. Si se calcula el porcentaje de sólidos disueltos respecto a los totales se obtiene un valor promedio de 47,3 y 35,1 % para el pozo 1 y 2 respectivamente, lo que indica, en gran medida, que prevalecen en estas muestras de agua los compuestos orgánicos. La figura 4 muestra estos resultados, en la misma se observa claramente la relación existente entre ambos parámetros y además la relación entre sólidos disueltos y conductividad eléctrica, parámetros íntimamente relacionados.

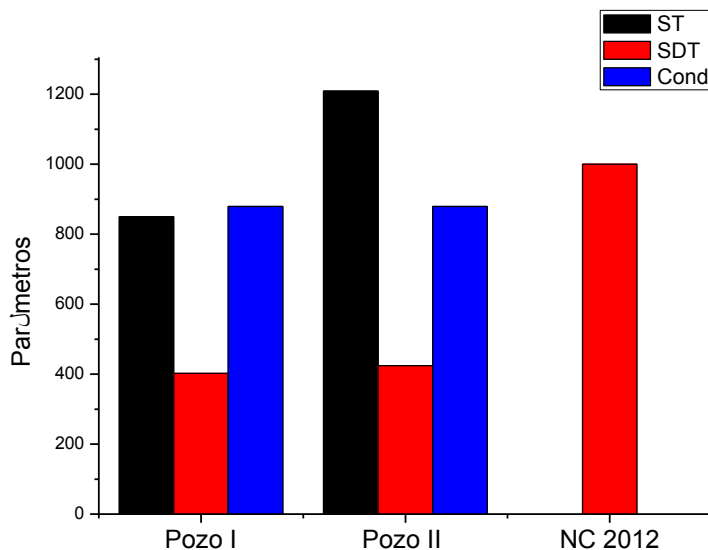


Fig. 4. Comportamiento de los ST, STD y Conductividad por estaciones de monitoreo.

Sólidos sedimentables: En ambas estaciones se encuentran por debajo de 0,01 mL/L, por lo que no constituyen índice de contaminación

Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}): El ion Ca^{2+} suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Su concentración media (tabla 1) se presenta en 42,04 mg/L y 64,71 mg/L, en las aguas del pozo 1 y 2 respectivamente, encontrándose en ambos casos por debajo de la CMA (200 mg/L). La concentración media de los iones Mg^{2+} (tabla 2) se presenta en 53,8 mg/L y 126,5 mg/L, en las aguas del pozo 1 y 2 respectivamente, encontrándose al igual que el calcio por debajo de la CMA según NC 1021:2014 (150 mg/L).

Sodio: La presencia de este catión en aguas naturales es muy variable pudiendo alcanzar concentraciones hasta 120 mg/L en zonas evaporíticas; sin embargo, raramente sobrepasa 100 o 150 mg/L en aguas dulces normales [22]. La concentración media de iones Na^+ en las aguas del pozo 1 fue de 119,61 mg/L, pero no constituyen peligros de contaminación pues están por debajo del CMA según la norma de agua potable (200 mg/L). En las aguas de pozo 2 no se detectó este ion.

Potasio: El potasio en concentraciones superiores a 10 mg/L puede ser indicio de contaminación por vertidos de aguas residuales. Las sales que generan el K^+ son más solubles que las del Na^+ , tendiendo a formar polihaluros [23]. Las concentraciones medias obtenidas de 13,14 mg/L (tabla 2), es un valor de concentración superior al nivel máximo permisible para aguas de diversos usos según normativas internacionales (1 mg/L) [24, 25]. Por tanto, su presencia en estas aguas constituye peligro de contaminación.

Ciclo del nitrógeno (Nitrato, Nitrito, Amonio): Por lo general, el nitrógeno en el agua se le encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos [14].

El análisis de la variación de las concentraciones de los iones NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ en las aguas de las estaciones de muestreo (tabla 2 y figura 5) condujo a plantear lo siguiente:

La concentración de iones NO_3^- en las muestras de agua de ambos pozos predomina con respecto a la de iones amonio y nitrito (figura 5), indicando contaminación albañal no reciente, esto se debe a que el nitrógeno en los residuales frescos aparece fundamentalmente como materia proteica y urea, en estos cuerpos hídrico se ha estabilizado por lo que predomina en forma de NO_3^- . Los valores medio de la

concentración de los iones nitrato 53,76 y 59,33 mg/L, para el pozo 1 y 2 respectivamente, están por encima de la concentración admisible 45 mg/L según la NC 827-2010, considerándose según esta clasificación aguas de calidad mala.

Autores como Metcalf y Eddy [26] plantean que valores de NO_2^- entre 0,1 y 0,9 mg/L pueden presentar problemas de toxicidad dependiendo del pH, así mismo, valores por encima de 1,0 mg/L son totalmente tóxicos impidiendo el establecimiento de un ecosistema fluvial en buenas condiciones. De manera general, la concentración de NO_2^- en aguas oxigenadas es muy baja (0,1 mg/L) pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas debido a la contaminación industrial y de aguas residuales domésticas. Las aguas del pozo 1 presentan las concentraciones más bajas de iones NO_2^- , (figura 5), pero todos los valores están por encima del máximo admisible establecido por la norma de agua potable (0,2 mg/L). Los valores más elevados se presentaron en las aguas de pozo 2, esto puede deberse a infiltración de aguas albañales de las casas cercanas al mismo, las cuales no están previstas de alcantarillados, sino de fosas; además puede estar relacionado con el bajo contenido de oxígeno que poseen estas aguas. Estos resultados indican que son aguas de mala calidad.

Las concentraciones de NH_4^+ , en el caso del pozo 1, se encuentran por encima de 0,01 mg/L (tabla 2) y teniendo en cuenta lo planteado por Perdomo [27] las aguas presentan contaminación fecal.

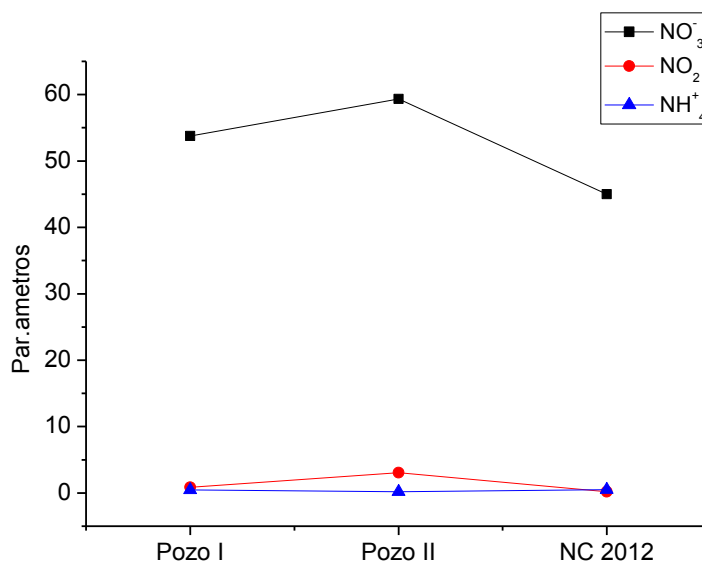


Fig. 5. Comportamiento de los valores de nitrato, nitrito y amonio en las estaciones de monitoreo.

Fosfato: El fósforo es un elemento que juega un papel importante en el desarrollo de la vida en el seno del agua, por una parte es imprescindible para el desarrollo de la misma y por otra, cuando su concentración aumenta, actúa de inhibidor del desarrollo de ciertas especies [28]. En las muestras analizadas los valores medios de concentración obtenidos de iones fosfato, fue de 7,9 y $< 0,09$ mg/L para el pozo 1 y 2 respectivamente (tabla 2). La calidad de las aguas en pozo 1 son de calidad mala, si tenemos en cuenta lo planteado por Perdomo [27], para esta clasificación > 3 mg/L y de calidad buena las aguas del pozo 2, por poseer concentraciones de este ion $< 0,1$ mg/L.

Bacterias coliformes totales y fecales: Los resultados correspondientes a los parámetros microbiológicos se presentan en la tabla 5. Del análisis de los mismos se puede plantear que:

Las dos estaciones de monitoreo presentan contaminación albañal, resultados que se confirman con las altas concentraciones de nitrito y amonio presente en estas aguas.

El NMP/100 ml de bacterias coliformes totales y fecales es mayor en la estación 2.

Las aguas de estos pozos no están aptas para ser utilizadas como agua potable (NC 827-2010) ni para abasto a la población (NC 1021:2014), por poseer valores superiores al límite máximo permisible establecen por ambas Normas (2 NMP/100ml)

TABLA 5. RESULTADOS CORRESPONDIENTES A LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Coliformes (NMP/100 ml)	Pozo 1	Pozo 2
BCT	17,56	91
BCF	8,5	45,5

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 de determinadas intervenciones. Todo esto con la intención de reducir y mitigar los impactos [29].

Es importante enfatizar que un impacto ambiental es siempre la consecuencia de una acción de carácter antropogénica. Aunque es justo admitir que no todas las

consecuencias de una acción humana merecen ser consideradas como impactos ambientales. A partir de los deterioros registrados en el medio ambiente, así como la presión de varios sectores de la sociedad se instituyó los estudios de impacto ambiental [30].

Esta cuantificación es simplificada, porque solo se basa en la diferencia del valor del parámetro determinado y el valor del parámetro reportado en la Norma, sin otras consideraciones, pero es aceptada internacionalmente. 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 [29] (figura 6).

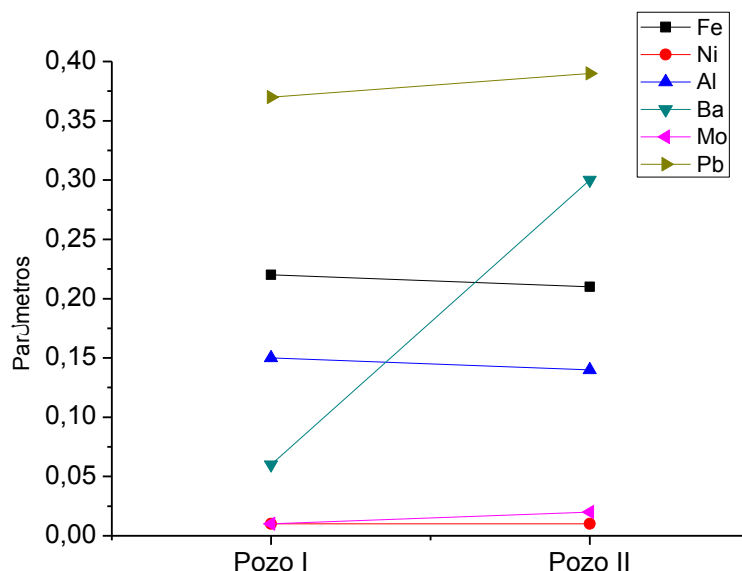


Fig. 6. Cuantificación del impacto ambiental de los metales.

En la figura 7 se evidencia que es el ion cloruro del de mayor impacto entre los parámetros físicos-químicos.

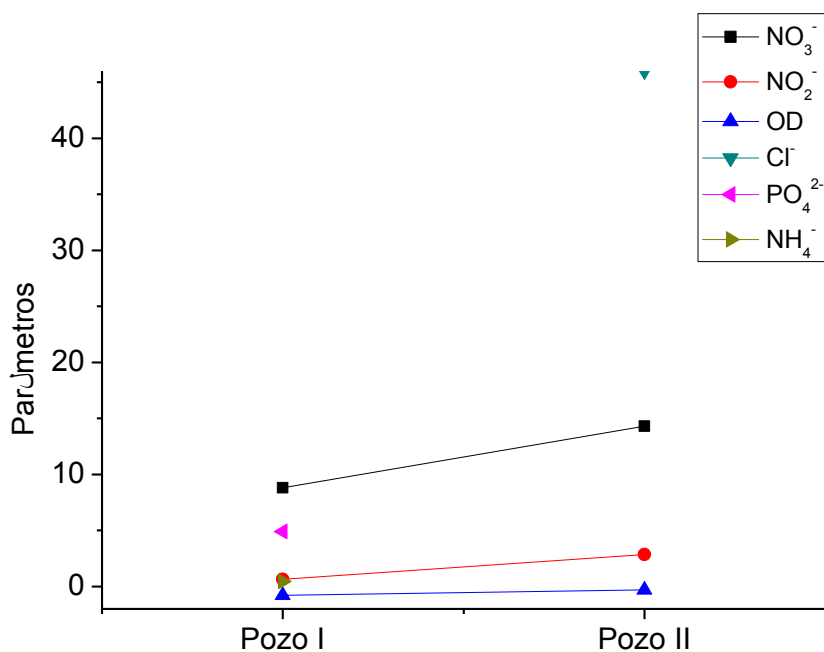


Fig. 7. Cuantificación del impacto ambiental de los parámetros físicos-químicos.

Conclusiones

Una vez realizada la caracterización y evaluación de los resultados obtenidos en las dos estaciones de monitoreo se puede concluir que atendiendo a las características físico-químicas, se confirma el nivel de contaminación de estos cuerpos hídricos. Los resultados de bacterias coliformes totales y fecales obtenidos corrobora el vertimiento de residuales albañales de las zonas aledañas en ambos pozos, por lo que las aguas de estos pozos no son aptas para ser utilizadas como agua potable y para ser destinadas como abasto a la población es necesario realizar un tratamiento de tipo convencional o especial según el grado de contaminación. La evaluación cuantitativa ambiental de los parámetros físico-químicos y metales pesados en ambos pozos, indican que son el ion cloruro y el plomo, respectivamente, los que presentan mayor impacto negativo en ambos pozos.

Referencias Bibliográficas

- [1]. CAÑAS PÉREZ, R. *et al.* Evaluación del riesgo de metahemoglobinemia en lactantes por exposiciones a nitratos a través del agua de consumo. INHEM. La Habana. Serie Salud Ambiental No. 3 Agua y Salud. 1992.

- [2]. CALVO DÍAZ, M. *et al.* Evaluación de las concentraciones de oligoelementos y dureza total del agua de consumo y su posible relación con la mortalidad por el infarto del miocardio. INHMEN. La Habana. 1992. Serie Salud Ambiental No. 3. Agua y Salud.
- [3]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Comité Técnico de Normalización NC/CTN 3 de Gestión Ambiental. NC 827: 2010. Agua Potable Requisitos Sanitarios. 2^{da}. Edición. La Habana. Cuba. 2010.
- [4]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Comité Técnico de Normalización NC/CTN 3 de Gestión Ambiental NC 827: Agua Potable — Requisitos Sanitarios. ICS: 13.060.20 1^{ra}. Edición. La Habana. Cuba. 2010.
- [5]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Comité Técnico de Normalización NC/CTN 3 de Gestión Ambiental. NC XX: 1999. Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios. 1^{ra}. Edición. La Habana. Cuba. 1999.
- [6]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Descriptores: Pesca; Componente; Especificación. NC 25: 1999. ICS: 65.150. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones. 1^{ra} Edición. La Habana. Cuba. 1999.
- [7]. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NC 1021: 2014. Higiene Comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección Sanitaria. La Habana. Cuba. 2014.
- [8]. NORMA ISO. Calidad del agua .Guía para la preservación y manipulación de muestras, 5667-3. 1994.
- [9]. GONZÁLEZ, M. A.; USERO, J.; GARCÍA, J.; TERNERO, M. “Técnicas de interpretación y tratamiento de resultados en análisis de aguas”. *Revista Técnicas de Laboratorio*. 1990, **12** (156), 178-185.
- [10]. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Edición 21^{ra}. Washington, 2005. 5-72.
- [11]. ORIGIN. MICROCAL (TM). Vers. 8.0724. Computer software. Copyright Microcal Software Inc., 1991-2007.

- [12]. STATGRAPHICS PLUS. Vers. 5.1. Windows, Computer software. Statical Graphics Corp., 1997.
- [13]. HERNÁNDEZ, H. Evaluación de Tecnologías de tratamientos descentralizados de aguas residuales domésticas para comunidades periurbanas, empleando criterios de sostenibilidad. Diplomado en Gestión Ambiental. La Habana, Cuba: Instituto de Geografía Tropical, 2008, p. 58
- [14]. SARDIÑAS, S.; CHIROLES, S.; FENÁNDEZ, M.; HERNÁNDEZ, Y.; PERÉZ, A. "Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba)". *Revista Hig Sanid Ambient.* 2006, **6**, 202-206.
- [15]. NARANJO, C.; GONZÁLES, D.; GARCÉS, G.; MUÑOZ, S.; MUSLE, Y. "Una metodología rápida y de fácil aplicación para la evaluación de la calidad del agua, utilizando el índice BMWP-Cub y FBI-Cu para ríos cubanos". *Tecnura.* 2005, **9** (17), 65-76.
- [16]. MANAHAN, S. *Fundamentals of Enviromental Chemistry.* 2^{da} Edición, USA: CRC Press, 2001.
- [17]. SKOOG, D.; WEST, D.; JAMES, F.; CROUCH, S. *Fundamentos de Química Analítica.* 8va Edición. Madrid, España: Editorial Thomson, 2005.
- [18]. Ingeniería Bair, C. *Química Ambiental.* Segunda Edición. España: Editorial Reverté, 2001.
- [19]. OROZCO, C. *et al. Contaminación Ambiental. Una visión desde la química.* 1^{ra} Edición. España: Editora Paraninfo S.A. Madrid, 2004, p. 590
- [20]. ALLENDE, A. V. *Apuntes sobre Química del Agua.* IPJAE. La Habana. Cuba. 1976.
- [21]. CATALÁN, L. J. Contaminación física de las aguas; Contaminación e Ingeniería Ambiental, III. S. Oviedo: Editora FLCYT, 1997.
- [22]. BARCELÓ, I. *et al.* Determinación de la agresividad del agua del embalse J.A Alzate en función de los índices de saturación de Langelier y la fuerza iónica. Memorias del XI Congreso Nacional de Ingeniería Ambiental y Ciencias Ambientales. México. 1997.
- [23]. DELISLE, C.; SCHMIDT, J. *The effects of sulphur on water of sulphur on water and aquatic life.* Canada: Editorial National Research, Council, 1997.

- [24]. SÁNCHEZ, L. E. *Control de la contaminación de las aguas. Departamento de Ingeniería de Minas*. Escuela Politécnica. Universidad de Sao Paulo. 1993.
- [25]. OMS. Normas Internacionales para el agua potable. 1973.
- [26]. METCALF, E. *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera Edición. Madrid: Editorial McGraw Hill, 1998.
- [27]. PERDOMO, C. H.; CASANOVA, O. N. S. “Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes fecales en el litoral sudeste del Uruguay”. *Revista Agrociencia*. 2001, **1**, 10-22.
- [28]. OSPINA, A. N., PEÑA, J. E. *Alternativas de Monitoreo de Calidad de Aguas utilizando Bioindicadores*. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 2001. p. 20
- [29]. MILAN, J. A. *Curso de estudio y evaluación de impacto ambiental. Universidad Nacional de Arquitectura*. Nicaragua: Ed. UNI, 2004. 20-30p.
- [30]. FERNÁNDEZ, V. *Guía Metodológica para la valoración del impacto ambiental*. 3^{ra} Edición. España: Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 1997. 250p.