

**Artículo Original**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO  
INDUSTRIAL Y CONSUMO SOCIAL EN LA INDUSTRIA  
AZUCARERA**

**EVALUATION OF WATER QUALITY FOR INDUSTRIAL USE AND SOCIAL  
CONSUMPTION IN THE SUGAR INDUSTRY**

Beatriz Melo Camaraza<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0009-0004-5906-9659>

Gisel Guerra Hernández<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2788-4574>

Oscar Brown Manrique<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3713-3408>

Marcos Edel Martínez Montero<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4095-5410>

Jorge Luis Melo Martínez<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0001-9924-873X>

<sup>1</sup> Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba.

<sup>2</sup> UEB Central Refinería Ecuador Baraguá, Ciego de Ávila, Cuba.

Recibido: Marzo 25, 2024; Revisado: Abril 25, 2024; Aceptado: Mayo 9, 2024

**RESUMEN**

**Introducción:**

El suministro de agua para uso industrial y consumo social disminuye debido a las sequías, la sobreexplotación del agua subterránea y la contaminación procedente de productos químicos agrícolas e industriales.

**Objetivo:**

Evaluar la calidad del agua para el uso industrial y consumo social de la fuente de abasto perteneciente al Central Refinería Ecuador.

**Materiales y Métodos:**

La calidad del agua para uso industrial y consumo social se evaluó mediante la aplicación de técnicas y métodos de ensayos, en la determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

**Resultados y Discusión:**

Los parámetros de calidad del agua para el uso industrial y el consumo social evaluados fueron el olor, el sabor y el color de inodora, insípida e incolora respectivamente. Los sólidos totales disueltos fueron de 553 mg L<sup>-1</sup>, el pH de 7,33 unidades de pH, el calcio



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

\* Autor para la correspondencia: Beatriz Melo, Email: [bmelocamaraza@gmail.com](mailto:bmelocamaraza@gmail.com)



de 75 mg L<sup>-1</sup>, el magnesio de 45 mg L<sup>-1</sup>, el cloruro de 45 mg L<sup>-1</sup>, el sulfato de 21 mg L<sup>-1</sup>, el nitrito de 0,03 mg L<sup>-1</sup>, los nitratos de 20,2 mg L<sup>-1</sup>, los coliformes totales de 1 222 número más probable por 100 mL y los coliformes termotolerantes de 584 número más probable por 100 mL.

**Conclusiones:**

Estos valores de calidad del agua para el uso industrial son aptos, mientras que para el consumo social son no aptos por contaminación microbiológica e incumplimiento de los requisitos de protección sanitarios. Aunque los valores físicos y químicos analizados en el agua para consumo social se encuentran dentro de límites máximos.

**Palabras clave:** agua industrial y social; contaminación; parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

**ABSTRACT**

**Introduction:**

Water supply for industrial use and social consumption decreases due to droughts, overexploitation of groundwater and pollution from agricultural and industrial chemicals.

**Objective:**

To evaluate the quality of water for industrial use and social consumption from the supply source belonging to the Central Refinería Ecuador (Sugar Refinery Ecuador).

**Materials and Methods:**

The quality of water for industrial use and social consumption was evaluated through the application of testing techniques and methods, in the determination of physical, chemical and microbiological parameters.

**Results and Discussion:**

The water quality parameters for industrial use and social consumption evaluated were odor, taste and color of odorless, tasteless and colorless respectively. Total dissolved solids were 553 mg L<sup>-1</sup>, pH 7,33 pH units, calcium 75 mg L<sup>-1</sup>, magnesium 45 mg L<sup>-1</sup>, chloride 45 mg L<sup>-1</sup>, sulfate of 21 mg L<sup>-1</sup>, nitrite of 0,03 mg L<sup>-1</sup>, nitrates of 20,2 mg L<sup>-1</sup>, total coliforms of 1 222 most probable number per 100 mL and thermotolerant coliforms of 584 most probable number probable per 100 mL.

**Conclusions:**

These water quality values are suitable for industrial use, while for social consumption they are not suitable due to microbiological contamination and non-compliance with health protection requirements. Although the physical and chemical values analyzed in water for social consumption are within maximum limits.

**Keywords:** industrial and social water; pollution; physical, chemical and microbiological parameters.

**1. INTRODUCCIÓN**

El agua constituye un elemento natural indispensable para el desarrollo de las actividades humanas. La valoración de la calidad del agua puede entenderse como la

---

evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con su calidad natural y los efectos humanos. Se entiende por agua potable la que es apta para el consumo humano y usos domésticos e industriales, libre de materias orgánicas, gérmenes patógenos y sustancias químicas (Fernández y Guardado, 2021).

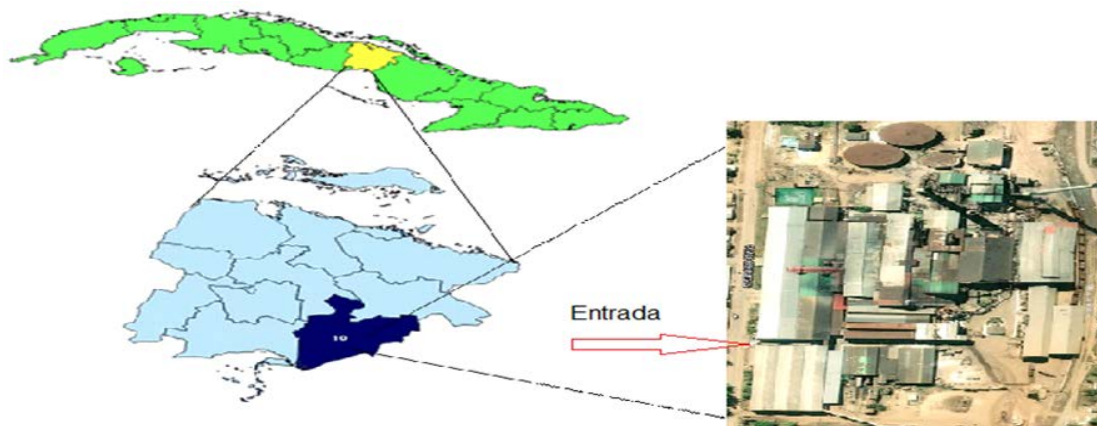
En las fábricas de azúcar si se logra un uso eficiente del agua de proceso, el mismo debe autosostenerse en cuanto a su consumo, debido a que la caña contiene aproximadamente 70% de agua vegetal. En la industria azucarera el agua necesaria en el proceso de fabricación puede provenir de dos fuentes: el agua vegetal contenida en la caña de azúcar y que se recupera en los procesos de evaporación y el agua de pozos naturales que utiliza principalmente en los condensadores barométricos y también para el consumo social y usos industriales (González y col., 2015).

En la industria azucarera la disponibilidad de agua potable para uso industrial y consumo social, se ha tornado en un problema muy serio para las generaciones actuales y futuras y en esta competencia entra a formar parte, el agua que se consume en los procesos industriales para calentar y enfriar, producir vapor de agua, materia prima y limpieza (Sandoval, 2023); (Peña y col., 2012). En el Central Refinería Ecuador de Baraguá de la provincia de Ciego de Ávila de Cuba, el agua extraída del pozo es utilizada para consumo social y para uso industrial después de su posterior tratamiento de ablandamiento químico para la generación de vapor en la caldera.

El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad del agua para el uso industrial y consumo social de la fuente de abasto perteneciente al Central Refinería Ecuador.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Central Refinería Ecuador ubicado en el municipio Baraguá en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba; localizada entre las coordenadas planas rectangulares Cuba Norte X = 216 920 m y Y = 786 342 m (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa satelital de ubicación del Central Refinería Ecuador de Baraguá

Los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados a las muestras, se efectuaron por el método de muestreo puntual; en el siguiente punto clave:

- Punto clave 1 (PC1). Agua de extracción del pozo para uso industrial y consumo social (Figura 2).



**Figura 2.** Pozo que abastece de agua al Central Refinería Ecuador (PC1)

La fuente de abasto de agua para uso industrial y consumo social está ubicada dentro de los límites del central. La finalidad de este muestreo, se determinó mediante los ensayos de laboratorio para monitorear la calidad física, química y microbiológica del agua utilizada en los procesos fabriles de la industria y el consumo social.

La valoración de los resultados obtenidos se comparó con los límites máximos (LM), establecidos de acuerdo a las normas cubanas (NC) aprobadas para evaluar los requisitos de calidad del agua y protección sanitaria de la fuente de abasto según la Oficina Nacional de Normalización (NC 827, 2017); (NC 1021, 2014).

Los ensayos físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua para el uso industrial y el consumo social se determinaron en el Laboratorio de la UEB de Análisis y Servicios Técnico de Ciego de Ávila. Las técnicas y métodos utilizados para el control de la calidad del agua para uso industrial y consumo social, se especifican en los métodos estándares propuesto por Baird y col., (2017). Las cuales se indican a continuación:

- **Ensayos físicos:** El olor (O) y sabor (S) se midió mediante la técnica reducible por métodos convencionales de tratamiento hasta que no sea desagradable para un LM no desagradable. Los sólidos totales disueltos (STD) se determinaron mediante el método gravimétrico para un LM inferior a  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ .
- **Ensayos químicos:** El potencial de hidrogeniones (pH) se determinó mediante el método electrométrico para un LM de 6,5 a 8,5 unidades de pH. El calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y el magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) se determinaron mediante el método de valoración con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para un LM de 200 y  $150 \text{ mg L}^{-1}$  respectivamente. El cloruro ( $\text{Cl}^{-1}$ ) se determinó mediante el método argentométrico de *Mohr* para un LM de  $250 \text{ mg L}^{-1}$ . El sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) se determinó mediante el método turbidimétrico para un LM de  $400 \text{ mg L}^{-1}$ . El nitrito ( $\text{NO}_2^{-1}$ ) se determinó mediante el método colorimétrico para un LM de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ . Los nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ ) se determinaron mediante el método espectrofotométrico ultravioleta para un LM de  $45 \text{ mg L}^{-1}$ .
- **Ensayos microbiológicos:** Los coliformes totales (CT) y *Escherichia coli* (*E. coli*) o coliformes termotolerantes (CTT) se determinaron mediante la técnica de tubos múltiples para un LM inferior a 250 y 50 número más probable (NMP) por 100 mL.
- **Sistema de muestreo y análisis estadístico:** El sistema de muestreo del agua

para el uso industrial y el consumo social se realizó por el método de muestreo puntual a la salida de la fuente de abasto; tomándose un total de dos muestras correspondiente a los períodos de zafra y no zafra, durante los años 2018, 2019, 2020 y 2023. Las características fundamentales de los datos recopilados se analizaron mediante la técnica de estadística descriptiva (Guajardo y col., 2020).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ensayos realizados a la muestra de agua obtenida en el pozo de abasto para uso industrial y consumo social del Central Refinería Ecuador se muestran en la Tabla 1, los cuales son comparados con los LM, según las normas cubanas establecidas por la (NC 827, 2017) y la (NC 1021, 2014).

**Tabla 1.** Resultados de los ensayos de laboratorio

Parámetro	U/M	2018		2019		2020	2023	
		1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	1 <sup>er</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>
Olor	-	inodora		inodora		inodora	inodora	
Sabor	-	insípida		insípida		insípida	insípida	
Color	-	incolora		incolora		incolora	incolora	
STD	mg L <sup>-1</sup>	-	-	-	-	576,00	544,00	562,30
pH	U de pH	7,56	7,57	7,16	7,20	7,31	7,09	7,45
Ca <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	59,00	68,00	95,00	102,30	64,00	68,00	71,30
Mg <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	52,00	60,00	21,00	22,70	40,80	58,80	60,20
CL <sup>1-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	54,00	50,00	25,00	35,40	54,00	45,00	42,60
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	18,00	24,00	13,00	11,00	33,00	23,00	30,30
NO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	-	-	15,00	18,90	24,00	21,00	22,10
NO <sub>2</sub> <sup>1-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0,00	0,00	0,22	0,00	0,001	0,01	0,01
CT	NMP 100 mL <sup>-1</sup>	23,00	1 600	1 600	1 500	1 540	1 000	1 300
CTT	NMP 100 mL <sup>-1</sup>	7,80	920,00	540,0	570,00	565,00	540,00	950,00

#### 3.1 Evaluación de los parámetros físicos del agua para consumo social

El olor (O), sabor (S) y color (C) del agua, se evalúan de inodora, insípida (fresca y agradable) e incolora respectivamente, característico del agua para uso industrial y consumo social cumpliendo con el LM de no desagradable, sin contaminación visual. De esta forma fueron reportados los estudios realizados por Castillo y col., (2019), en los que el agua presentó atributos organolépticos como turbia y olor fétido, factores que se potencian por el efecto de la lixiviación de fertilizantes en especial de tipo nitrogenados (amónicos, nitritos, nitratos) y de pesticidas, que pudo alterar la calidad del agua en color y olor.

Los STD como promedio en la fuente de abasto fue de 553 mg L<sup>-1</sup>, cumpliendo con la condición establecida de LM inferior a 1000 mg L<sup>-1</sup>. En esta investigación los sólidos

STD comprenden las sales inorgánicas principalmente de calcio, magnesio, cloruros y sulfatos que están disueltas en el agua de consumo social provienen del pozo de abasto, que se ven afectadas como resultado de las infiltraciones al manto freático de las aguas residuales urbanas e industriales.

Estos valores no difieren de los resultados obtenidos por Dunán, (2022), donde se expresa que los STD pueden ser de origen orgánico e inorgánico, incluyendo minerales, metales y gases. Generalmente son resultado de la acción solvente del agua sobre los sólidos, líquidos y gases. Los resultados alcanzados de STD por Dunán, (2022), se comportaron por debajo del LM de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de acuerdo a la NC 827, (2017).

La potabilidad del agua según la OMS, (2017), con una concentración de STD menor de  $600 \text{ mg L}^{-1}$  suele considerarse buena, pero con concentraciones mayores de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  disminuye de manera significativa. Estudios realizados por la OMS, (2017), establecen que no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud, debido a las concentraciones STD presentes en el agua de consumo social no son peligrosas para la salud. No obstante, la presencia de concentraciones altas de STD en el agua de consumo social puede resultar desagradable para los consumidores.

Los STD comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Aunque una presencia alta de STD puede generar excesivas incrustaciones en tuberías, calentadores y calderas.

### ***3.2 Evaluación de los parámetros químicos del agua para consumo social***

El pH fue de 7,34 unidades de pH. Este valor se encuentra dentro del LM de 6,5 a 8,5 unidades de pH. Este es un factor muy importante para identificar si una muestra carece de nutrientes o presenta niveles de toxicidad. Un valor recomendado de pH debe estar alrededor de 6,5 unidades de pH. Las aguas con un pH o por debajo de 6,5 pueden incrementar la corrosión de las tuberías de acero; además, influye en los procesos de coagulación química, desinfección y el control de la corrosión.

Este resultado fue comparado con estudios similares realizados por Pérez, (2016), donde afirma que obtuvo valores entre 6,44 valor mínimo de pH y 7,32 valor máximo de pH. Otros estudios similares realizados por Huarcaya y Toribio, (2021), reportaron que la concentración del potencial de hidrógeno en el río Ichu se encuentra entre los rangos de 6,7 a 7,8 unidad de pH, siendo apto para ser utilizado en diferentes en el consumo humano y en usos industriales, agrícolas, públicos y de recreación.

El  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  evaluados fueron de 75,37 y 45,07  $\text{mg L}^{-1}$  encontrándose dentro del LM de 200 y 150  $\text{mg L}^{-1}$ . La suma de estas concentraciones de iones de calcio y magnesio representa una dureza total de 120,44  $\text{mg L}^{-1}$  y es clasificada como moderadamente dura para un rango de 61-120  $\text{mg L}^{-1}$  como  $\text{CaCO}_3$ . El  $\text{Cl}^{-}$  fue de 43,71  $\text{mg L}^{-1}$ , cumpliendo con lo establecido dentro del LM de 250  $\text{mg L}^{-1}$  no constituyendo problema alguno de riesgo para la salud.

Según estudios similares realizaros por León y col., (2022), con respecto a estos parámetros químicos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , obtuvieron valores por debajo del LM permitido por la NC 827, (2017), no constituyendo problema de riesgo para la salud. Estos valores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^{-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  encontrados, son similares a los resultados obtenidos por Baque y col., (2016), donde encontraron valores por debajo del LM

---

permitido según la NC 827, (2017), que no constituyen problema alguno de riesgo para la salud; excepto el  $\text{NO}_3^{1-}$  que si supera el valor LM permitido por la norma.

El  $\text{SO}_4^{2-}$  fue de 21,76 mg  $\text{L}^{-1}$ , cumpliendo con lo establecido dentro del LM de 400 mg  $\text{L}^{-1}$ . El  $\text{NO}_2^{1-}$  fue de 0,03 mg  $\text{L}^{-1}$ , encontrándose ligeramente superior al LM de 0,01 mg  $\text{L}^{-1}$ . La presencia de  $\text{NO}_2^{1-}$  se debe a la contaminación fecal humana provenientes de la comunidad que se encuentra en las zonas cercanas al central, al deterioro del sistema de evacuación del sistema de alcantarillado sanitario que evacúa las aguas residuales urbanas y en otra medida la infiltración al manto freático inducido por las fosas sépticas como solución rural al saneamiento básico de los residuales urbanos.

Los  $\text{NO}_3^{1-}$  fueron de 20,20 mg  $\text{L}^{-1}$ , cumpliendo con lo establecido dentro del LM de 45 mg  $\text{L}^{-1}$ . Estudios similares realizados por Crombet y col., (2023), encontraron valores de  $\text{NO}_3^{1-}$  por debajo del LM en determinadas muestras de agua en fuentes de abasto. También encontraron en otras fuentes de abasto valores que no cumplieron con las normas; indicando una contaminación albañal asociada a las descargas de aguas residuales urbanas e industriales.

### ***3.3 Evaluación de los parámetros microbiológicos del agua para consumo social***

Los resultados del valor promedio de los CT fueron de 1 223,29 NMP por 100 mL. Este valor es superior al LM de 250 NMP por 100 mL. Los cuales pueden generar un impacto negativo sobre la salud, por la presencia de microorganismos causantes de enfermedades de transmisión hídrica. El valor de CTT fue de 584,69 NMP por 100 mL. Este valor también es superior al límite estableciendo de 50 NMP por 100 mL.

Estudios realizados por Ramos, (2024), evidencian que los principales efectos nocivos por el consumo humano de aguas contaminadas corresponden a enfermedades gastrointestinales, provocadas por virus, bacterias, micosis y parasitosis intestinales que son microorganismos causantes de enfermedades de transmisión hídrica.

Estos valores microbiológicos analizados representan una contaminación transitoria, siendo no apta para el consumo social por la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerante por encima de la NC 827, (2017). Para poder utilizar estas aguas en el abastecimiento social, deben ser sometidas previamente a tratamientos convencionales de cloración.

Es posible que, la presencia de esta contaminación microbiológica, se deba al impacto producido en la instalación agroindustrial azucarera en el vertido de residuales industriales, acumulación de residuos sólidos, vertido de aguas residuales de origen urbano y de las infiltraciones provocadas por las fosas sépticas que están en las cercanías de las aguas subterráneas analizadas. Resultados similares, son reportados por Prato y col., (2020).

### ***3.4 Análisis estadístico***

En la tabla 2 se resumen los estadígrafos fundamentales de los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados a las muestras de agua durante los períodos estudiados. Se observa que el error típico fue relativamente bajo en los parámetros de pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CL}^{-1}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^{1-}$  y  $\text{NO}_2^{1-}$ , excepto en los CT y CTT, aunque esta valoración está en correspondencia con las características de los datos.

---

**Tabla 2.** Estadígrafos fundamentales de los análisis físicos, químicos y microbiológicos

<i>Estadígrafo</i>	<i>pH</i>	<i>Ca<sup>2+</sup></i>	<i>Mg<sup>2+</sup></i>	<i>CL<sup>1-</sup></i>	<i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></i>	<i>NO<sub>3</sub><sup>1-</sup></i>	<i>NO<sub>2</sub><sup>1-</sup></i>	<i>CT</i>	<i>CTT</i>
Media	7,34	75,37	45,07	43,71	21,76	20,20	0,03	1223,29	584,69
Error típico	0,08	6,24	6,52	4,00	3,13	1,06	0,03	215,87	117,85
Mediana	7,31	68,00	52,00	45,00	23,00	20,20	0,001	1500,00	565,00
Desviación estándar	0,20	16,50	17,25	10,59	8,29	2,81	0,08	571,13	311,79
Rango	0,51	43,30	39,20	29,00	22,00	9,00	0,22	1577,00	942,20
Mínimo	7,09	59,00	21,00	25,00	11,00	15,00	0,00	23,00	7,80
Máximo	7,60	102,30	60,20	54,00	33,00	24,00	0,22	1600,00	950,00

pH en unidades de pH, el Ca<sup>2+</sup>; Mg<sup>2+</sup>, CL<sup>1-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>1-</sup> y NO<sub>2</sub><sup>1-</sup> en mg L<sup>-1</sup>; CT y CTT en NMP 100 mL<sup>-1</sup>

de 75 mg L<sup>-1</sup>, el magnesio de 45 mg L<sup>-1</sup>, el cloruro de 45 mg L<sup>-1</sup>, el sulfato de 21 mg L<sup>-1</sup>, el nitrito de 0,03 mg L<sup>-1</sup>, los nitratos de 20,2 mg L<sup>-1</sup>, los coliformes totales de 1 222 número más probable por 100 mL y los coliformes termotolerantes de 584 número más probable por 100 mL.

### 3.5 Evaluación de la calidad del agua para consumo social

Todos los parámetros físicos y químicos evaluados del PC1 de la muestra de agua del pozo abasto de agua para consumo social, se encuentran dentro de los rangos establecidos como LM en la NC 1021, (2014), con excepción del NO<sub>2</sub><sup>1-</sup> que se encontró ligeramente superior al LM.

Por otra parte, el análisis de los parámetros microbiológicos indica una tendencia al incremento de la contaminación, con valores de coliformes termotolerantes, coliformes totales y la *Escherichia coli*, superiores a lo establecido por los LM de la NC 1021, (2014) y en el requisito ambiental de la NC 827, (2017), por lo que se concluye que el agua no es apta para el consumo humano.

La contaminación bacteriológica presente en la fuente de abasto de agua para consumo social del Central Refinería Ecuador, está relacionada con el incumplimiento de los requisitos de protección sanitarios que se establecen como LM en la NC 1021, (2014).

## 4. CONCLUSIONES

1. Los parámetros físicos y químicos analizados, demuestra que el agua es apta para el uso industrial y consumo social en el Central Refinería Ecuador por encontrarse dentro del LM requerido según la NC 1021, (2014).
2. El análisis microbiológico realizado al agua indica una tendencia al incremento de la contaminación fecal, siendo no apto para consumo social, pero si apto para el uso industrial, debido a que valores de coliformes termotolerantes y coliformes totales se encuentran por encima de lo establecido en el requisito de LM de la ONN, (2014) y en el requisito ambiental de la NC 827, (2017).
3. Se incumplen los requisitos de protección sanitarios que se establecen en NC 1021, (2014), de la fuente de abasto de agua para el consumo social.



## AGRADECIMIENTOS

Al colectivo de trabajadores del Central Refinería Ecuador de Baraguá por permitir a los autores de esta investigación su contribución al conocimiento.

## REFERENCIAS

- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E., Standard Methods for the examination of Water and Waste Water., American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 2017. [https://scholar.google.es/scholar?cluster=10785928223407825158&hl=es&as\\_sdt=2005&scioldt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?cluster=10785928223407825158&hl=es&as_sdt=2005&scioldt=0,5)
- Baque, R., Simba, L., González, B., Suatunce, P., Diaz, E., y Cadme, L., Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador., Revista Ciencia Unemi, Vol. 9, No. 20, 2016, pp. 109-117. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663826015>
- Castillo, S., Barrezueta, S., & Arvit, J., Evaluación de la calidad de aguas subterránea de la parroquia la peaña, provincia el Oro, Ecuador., Revista Ciencia Unemi, Vol. 12, No. 31, 2019, pp. 64-73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582661248007>
- Crombet, S., Abalos, A., Pérez, N., Hernández, L., y Castillo, S. Variación temporal del nivel de contaminación en el río San Juan., Revista Cubana de Química, Vol. 35, No 3, 2023, pp. 461-479. <https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/5349/4784>
- Dunán, P.L., Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Yamanigüey mediante el Índice de Calidad de Agua ICA., Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Geólogo, Universidad de Moa, Cuba, 2022. [https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art7\\_No1\\_2022&ved=2ahUKewiO5ay47K6EAxXORDABHU6xB4oQFnoECAkQAQ&usg=AOvVaw0Zfn6g8t3-4UV4l\\_L1mrEG](https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art7_No1_2022&ved=2ahUKewiO5ay47K6EAxXORDABHU6xB4oQFnoECAkQAQ&usg=AOvVaw0Zfn6g8t3-4UV4l_L1mrEG)
- Fernández, M., y Guardado, R.M., Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba., Minería y Geología, Vol. 37, No. 1, 2021, pp. 105-119. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1993-80122021000100105&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122021000100105&lng=es&tlng=es)
- González, M., Alomá, I., Espinosa, R., y González, E., Tecnologías y sistemas para el manejo de agua y condensados en la producción de azúcar., Centro Azúcar, Vol. 42, No. 1, 2015, pp. 72-87. [http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/210](http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/210)
- Guajardo, R., Barbosa, F., Díaz, G., y Sánchez, I., Cálculo de un índice de calidad del agua en un cuerpo de agua: estudio de caso lagunas Chacahua y Pastoría, Oaxaca., RINDERESU, Vol. 5, No. 2, 2020, pp. 650-669. [www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/download/105/108](http://www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/download/105/108)
- Huarcaya, W., y Toribio, D., Estudio de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, en la sub cuenca del río Ichu., Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú, 2021. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4417>
- León, L., Arada, M., Vila, L., Fernández, A., y Chibinda, C., Evaluación de la calidad
-

- del agua del manantial “El Paraíso” en Santiago de Cuba., Revista Cubana de Química, Vol. 34, No. 2, 2022, pp. 303-314. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443571996006>
- NC 1021., Oficina Nacional de Normalización, Higiene comunal-fuentes de abastecimiento de agua- calidad y protección sanitaria., Normas de Calidad del agua, 2014. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2014/NC%201021%20a2014%2014p%20hlw.pdf>
- NC 827., Oficina Nacional de Normalización, Agua Potable-Requisitos Sanitarios., Normas de Calidad de agua, 2017. [https://descargas.epconsgtmo.co.cu/Normalizacion%20Actualizadas/Normas%20de%20la%20construccion/Normas/OTRAS/nc\\_827\\_2017\\_agua\\_potable\\_requisitos\\_sanitarios\\_obligatoria\\_nc\\_827\\_2017.pdf](https://descargas.epconsgtmo.co.cu/Normalizacion%20Actualizadas/Normas%20de%20la%20construccion/Normas/OTRAS/nc_827_2017_agua_potable_requisitos_sanitarios_obligatoria_nc_827_2017.pdf)
- OMS., [Organización Mundial de la Salud]., Guías para la calidad del agua de consumo humano., Cuarta edición que incorpora la primera adenda, 2017. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf>
- Peña, H., Morales, M., y Barajas, C., Propuesta para la minimización del consumo de agua fresca en una fábrica de azúcar., Centro Azúcar, Vol. 39, No. 4, 2012, pp. 43-50. [http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/353](http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/353)
- Pérez, E., Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica., Tecnología en Marcha, Vol. 29, No. 3, 2016, pp. 3-14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Prato, J.G., Millán, F.C., Prada, C.M., Tănăselia, C., Prado, L., Lucena, M.E., Ríos, I. y González, L.C., Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en Los Andes venezolanos., Kasmera, Vol. 48, No. 1, 2020, e48131414. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3861081>
- Ramos, A., Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas., Polo del Conocimiento, Vol. 9, No. 1, 2024, pp. 614-632. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6396>
- Sandoval, R., Estudio de la calidad de aguas dentro del proceso de producción de azúcar en un ingenio azucarero., Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico, Universidad del Salvador, El Salvador, 2023. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/34432>

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- M.Sc. Beatriz Melo Camaraza. Investigación, redacción - primera redacción.
  - Dr.C. Gisel Guerra Hernández. Redacción - revisión y edición.
  - Dr.C. Oscar Nemesio Brown Manrique. Metodología, redacción - revisión y edición.
  - Dr.C. Marcos Edel Martínez Montero. Validación, visualización.
  - M.Sc. Jorge Luis Melo Martínez. Gestión de proyectos, supervisión.
-