



Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de la Laguna de la Leche

Spatio-temporal assessment of the water quality of Laguna de la Leche

Daniela Alejandra Quesada Pérez¹

<https://orcid.org/0009-0009-4339-9449>

Roberto González de Zayas²

<https://orcid.org/0000-0001-8035-8624>

¹Empresa Inmobiliaria del Turismo. Patria, Morón, Ciego de Ávila, Cuba

²Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba

daniela.quesada@inmobiliaria.cav.tur.cu robertogz@unica.cu

Recibido: 2025/07/01

Aceptado: 2026/01/10

Publicado: 2026/03/09

Artículo original

Resumen

Introducción: La evaluación de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos es fundamental para determinar el estado de salud de estos importantes recursos naturales. **Objetivo:** evaluar la calidad del agua de la Laguna de la Leche. **Método:** Las muestras de agua se tomaron a nivel superficial, en nueve sitios de muestreo en la Laguna de la Leche, la laguna natural más grande de Cuba. Se realizó una evaluación de las características de la laguna según los parámetros físico-químicos y microbiológicos establecidos por las normas cubanas e internacionales. Se evaluó la calidad del agua a través de la determinación del índice de calidad del agua para recursos hídricos superficiales. **Resultados:** Según los valores de salinidad y conductividad eléctrica, las aguas de esta laguna pueden ser clasificadas como aguas salobres y dentro de estas, como aguas desde mesohalinas hasta polihalinas. Las aguas se clasifican como ligeramente alcalinas. El oxígeno disuelto tuvo niveles elevados y poco variables y sin sitios con anoxia e hipoxia. Las concentraciones de bacterias indicadoras de contaminación, no superaron los límites máximos admisibles para las aguas de uso pesquero; sin embargo, si clasificaron estas aguas como con restricción como agua de abastecimiento público para uso potable. **Conclusión:**

e8950

Cite este artículo como:

Quesada Pérez, D.A. y González de Zayas, R. (2026). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de la Laguna de la Leche. *Universidad & ciencia*, 15(1), e8950.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8950>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18866586>



Según el índice de calidad del agua calculado, las aguas de la laguna están contaminadas en toda su extensión.

Palabras clave: calidad del agua; contaminación; índice de calidad; laguna; uso del agua

Abstract

Introduction: The assessment of water quality in aquatic ecosystems is essential to determine the health of these important natural resources. **Objective:** To evaluate the water quality of Laguna de la Leche. **Method:** Water samples were taken at the surface level, at nine sampling sites in Laguna de la Leche, the largest natural lagoon in Cuba. An evaluation of the lagoon's characteristics was carried out according to the physico-chemical and microbiological parameters established by Cuban and international standards. Water quality was assessed through the determination of the water quality index for surface water resources. **Results:** According to the salinity and electrical conductivity values, the waters of this lagoon can be classified as brackish waters and within these, as mesohaline to polyhaline waters. The waters are classified as slightly alkaline. Dissolved oxygen levels were high and little variable, and there were no sites with anoxia or hypoxia. Concentrations of bacteria indicative of contamination did not exceed the maximum allowable limits for fishing waters; however, these waters were classified as restricted for public drinking water. **Conclusion:** According to the calculated water quality index, the lagoon's waters are contaminated throughout.

Keywords: water quality; index of quality; lagoon; use of water; pollution

Introducción

La evaluación de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos es fundamental para determinar el estado de salud de estos importantes recursos naturales. La Laguna de la Leche, ubicada en Morón (Cuba), es un ecosistema lacustre de gran importancia ecológica y socioeconómica para la región. Sin embargo, en los últimos años se han observado cambios significativos en las características fisicoquímicas y biológicas de sus aguas, lo que ha generado preocupación sobre su estado de conservación (Batista Tamayo *et al.*, 2006).

e8950

Cite este artículo como:

Quesada Pérez, D.A. y González de Zayas, R. (2026). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de la Laguna de la Leche. *Universidad & ciencia*, 15(1), e8950.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8950>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18866586>



La limnología de La Laguna de la Leche fue estudiada con detalle por Gómez-Carro *et al.* (1988) en la década de los años 80 del siglo pasado. Durante este período se detectaron cambios significativos asociados a las variaciones de salinidad en la laguna en cuanto a sus propia biogeoquímica y al fitoplancton presente en la laguna (Popowski *et al.*, 1994), además, fue estudiado el impacto de un huracán (en 1986) de gran intensidad (Kate) sobre la dinámica acuática de la laguna. Sin embargo, y a pesar de la importancia que tiene la Laguna de la Leche como sistema acuático natural único y con características morfológicas de alto significado ecológico para el país, el estudio de sus aguas estuvo muy limitado durante décadas. No existe referencias sobre estudios sobre la limnología de esta laguna después de los 90 del siglo pasado, a pesar de que sigue siendo un sistema con una gran presión antrópica debido al crecimiento exponencial de la población de la ciudad de Morón (sin tratamiento eficiente de sus residuales líquidos) y los continuos episodios de salinización a los que están sometidas tanto esta laguna como laguna La Redonda (González de Zayas *et al.*., 2021).

Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de la Laguna de la Leche durante el período comprendido entre 2015 y 2020, con el fin de determinar tendencias y cambios en los principales parámetros que influyen en la salud de este ecosistema acuático.

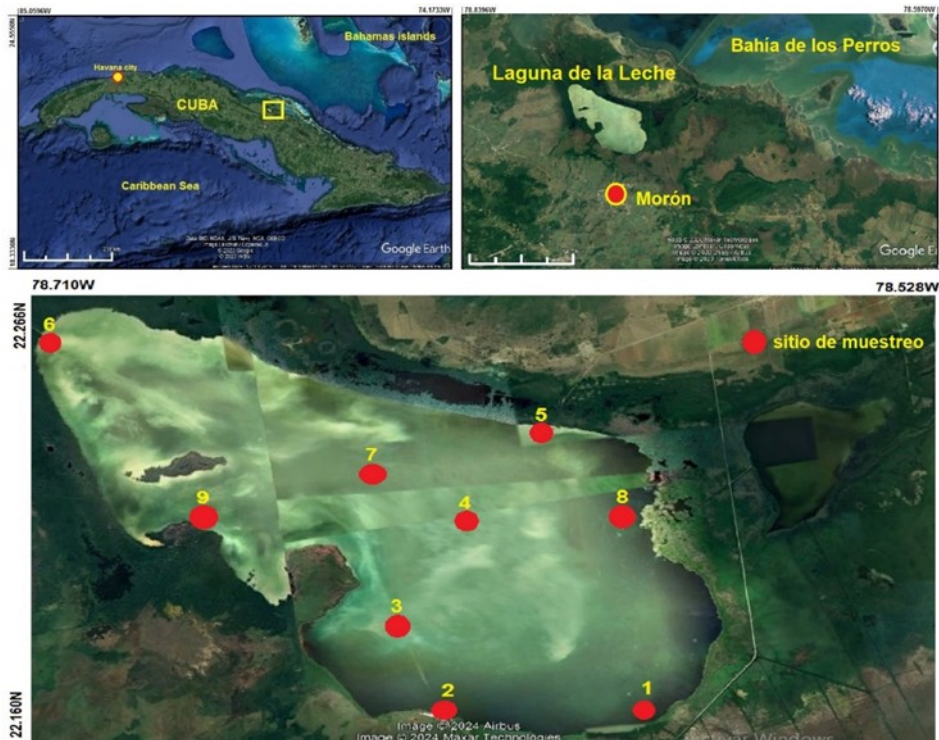
Materiales y Métodos

Área de estudio

La Laguna de la Leche es una laguna costera somera, de tipo albufera, con un sistema de circulación antiesturiano que se encuentra ubicada en la costa norte de la Provincia Ciego de Ávila, entre las coordenadas 22.160N y los 78.528W y 22.266N y 78.710W (Figura 1) (Gómez Carro, 1991).

Figura 1

Localización y sitios de muestreo en la Laguna de la Leche entre 2015 – 2020.



La extensión superficial de la laguna es de 66.5 km², la longitud de su borde se estima en 47 km (longitud máxima 14.4 km, ancho máximo 7.5 km) y la profundidad promedio es de 1.4 metros (profundidad máxima 2.20 metros), Se estima un volumen máximo de 1 300 millones de m³ de agua. Constituye la mayor laguna natural del país y un acuatorio único dada las características litológicas de su fondo, compuesto de calizas organógenas, arcillas, margas y turbas, que le da a sus aguas un aspecto lechoso, cualidad a la que debe su nombre. La salinidad de sus aguas proviene de la comunicación que tiene con la Bahía de Buenavista (Nauyú), a través de un canal de 7 km de longitud y unos 15 metros de ancho, con una profundidad de tres metros aproximadamente. La Laguna de la Leche ha sufrido durante muchos años las consecuencias del vertido de residuales líquidos provenientes de diversas fuentes contaminantes como centrales azucareros, fábricas de derivados y poblaciones aledañas. Sus condiciones hidroquímicas han sido muy inestables, condicionadas en lo fundamental por la influencia de estas fuentes, además de la influencia climática y de la comunicación con el mar a través del canal de Chicola (Batista Tamayo *et al.*, 2006)



Toma de muestras

Las muestras de agua se tomaron a nivel superficial, en nueve sitios de muestreo en botellas de polietileno (muestras para caracterización fisicoquímica) de 1 L y en frascos de vidrio de 250 mL (para el análisis microbiológico) previamente esterilizados.). Los muestreos se realizaron en 2015 (marzo, octubre); 2016 (junio, septiembre); 2017 (mayo, septiembre); 2018 (abril, septiembre); 2019 (abril, septiembre); 2020 (abril, septiembre), abarcando las temporadas lluviosa y poco lluviosa de todo el período estudiado (2015 – 2020).

Análisis de laboratorio

Posterior al muestreo, las muestras fueron llevadas directamente al Laboratorio Provincial de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST). En el laboratorio se analizaron una serie de parámetros fisicoquímicos donde se utilizaron diferentes métodos y técnicas. Entre estos parámetros se encuentran la conductividad eléctrica (CE), el pH, oxígeno disuelto (OD), coliformes termotolerantes (CTT), coliformes totales (CT), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), cloruro (Cl^{-}), sodio (Na^{1+}), potasio (K^{1+}), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), la temperatura (T), fosfato (PO_4^{3-}), nitrito (NO_2^{1-}), nitrato (NO_3^{1+}), amonio (NH_4^{1+}), carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^{1-}) y sulfatos (SO_4^{2-}). Todos los ensayos realizados (excepto el OD, CT, STD y el PT están acreditados por el Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba.

Evaluación de la calidad de agua

Se realizó una evaluación de las características de la laguna según los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por estas normativas cubanas y la norma de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas teniendo en cuenta sólo los parámetros que exige cada norma y que fueron determinados en el período. No se incluyen en el análisis aquellos parámetros que exige la norma pero que no fueron determinados.

Para la valoración de calidad de agua y su posible uso para abastecimiento se utilizó la Norma Cubana para uso de agua potable (NC 827:2012). En el caso del uso

de acuicultura (el cuál es el principal hoy), se utilizó la Norma Cubana para Uso Pesquero (NC 25: 1999).

Para recomendar el posible uso de las aguas de esta presa para el riego se evaluaron los criterios establecidos por la Norma para Agua de Riego FAO: 1987 (Ayers y Westcot, 1987). Según esta norma, se establecen ciertos requerimientos que implican el cálculo de la Relación de Adsorción del Sodio (RAS), y que se calcula por la siguiente fórmula (Figura 2):

Figura 2

Relación de Adsorción del Sodio (RAS)

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

Dónde: Los cationes (Na, Ca y Mg) se expresan en meq. /L.

Esté cálculo del RAS fue realizado solo para los muestreos donde fue posible disponer de los tres parámetros, a saber:

La determinación del índice de calidad del agua para recursos hídricos superficiales (ICA_{sp}) se basó en la metodología propuesta por Gutiérrez García Fernández y Díaz (2015), que considera la sumatoria de los pesos relativos (W_i) de cada indicador (i): pH (0,1), CE (0,1), SatOD (0,3), DQO (0,25), ColiTT (0,25) multiplicado por el valor de calidad (q_i) obtenido mediante funciones matemáticas (Figura 3):

Figura 3

Índice de Calidad del Agua (ICA_{sp})

$$ICA_{sp} = \sum_1^5 W_i * q$$

Se propone emplear una clasificación (en base al valor calculado del ICA_{sp}), en la que existen cinco categorías descendentes de calidad del agua. Si los valores de ICA_{sp} son inferiores a 59,99 (agua altamente contaminada), si están entre 60,00 y 69,99 (agua contaminada), si están entre 70,00 y 79,99 (agua medianamente

contaminada), si están entre 80,00 y 89,99 (agua con calidad aceptable) y si están entre 90,00 y 100,00 (agua con calidad excelente).

Análisis estadísticos

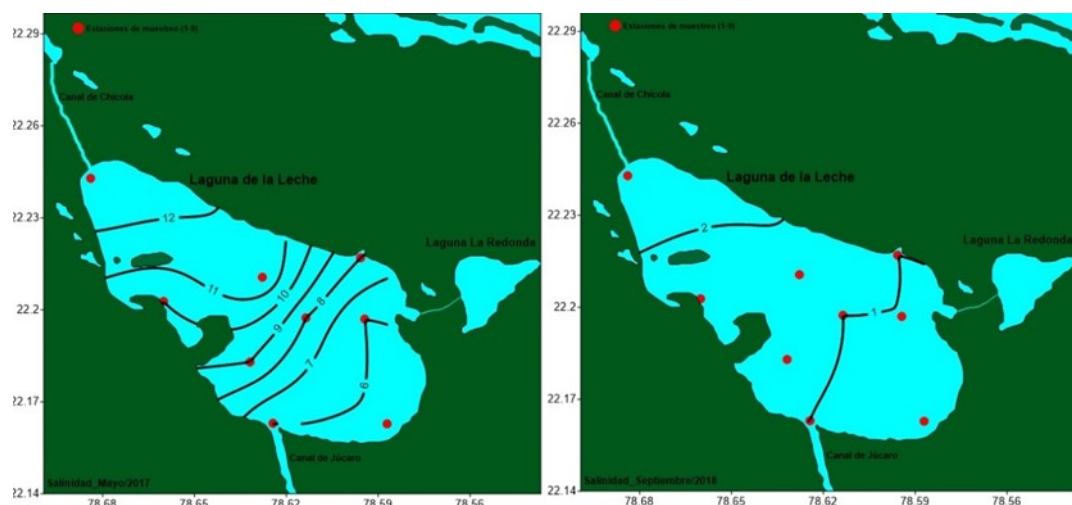
Todos los análisis de estadística descriptiva de cada parámetro se realizaron utilizando el software STATISTICA (versión 7.1). Además, se realizaron análisis de correlación entre los parámetros (con un 95 % de confianza).

Resultados y Discusión

La conductividad eléctrica mantuvo un promedio (para toda la laguna) de $6821,4 \pm 3776,0 \mu\text{S/cm}$, siendo la más elevada ($198000 \mu\text{S/cm}$) en mayo de 2017 (sitio 6) y las más baja ($970,0 \mu\text{S/cm}$) en el sitio 4 en septiembre de 2017. La salinidad, un parámetro relacionado directamente con la CE fue como promedio de 5.1 ± 3.1 UPS, con el mayor promedio en mayo de 2017 (8.7 UPS) y el menor (1.4 UPS) en septiembre de 2017 y el mismo mes de 2018. En la mayoría de los muestreos, la mayor salinidad fue cerca del canal de Chicla (sitio 6) y los más bajos hacia el sur de la laguna, por donde entran agua dulce procedentes de las cuencas Roble y Cimarrones (Figura 4).

Figura 4

Distribución espacial de la salinidad en la Laguna de la Leche en mayo de 2017 y septiembre de 2018.





La laguna es un ecosistema acuático natural que desde hace más de 100 años ha estado sometido a modificaciones antrópicas y desde hace casi 100, a un proceso de salinización, debido a la apertura del canal de Chicola para su comunicación con la bahía de Buenavista. A pesar de desde finales de la década del 80 del siglo pasado, comenzó el proceso de desalinización de sus aguas, este proceso ha fluctuado de manera regular.

Según los valores de salinidad y CE, las aguas de esta laguna pueden ser clasificadas como aguas salobres y dentro de estas como aguas desde mesohalinas hasta polihalinas, de hecho, en ninguno de los muestreos, hubo salinidad por debajo de 1 UPS. Los valores de salinidad determinados en este estudio, fueron más bajos que los reportados por Batista Tamayo *et al.* (2006) en junio y julio 2004 (hasta 45.0 UPS cerca del canal de Chicola), sin embargo, hubo salinidad más elevada que la determinada por Batista Tamayo *et al.* (2006) en marzo del 2000 (1.2 - 3.0 UPS). Los niveles de CE, estuvieron hasta diez veces por debajo de los reportados por Gómez-Carro *et al.* (1988), cuando comenzaba el proceso de desalinización de la laguna, sin embargo, la distribución espacial fue similar, con los valores más elevados hacia el norte – noroeste de la laguna, influenciada por la entrada de agua marina a través del canal de Chicola. González de Zayas *et al.* (2021) concluyeron que en la laguna La Redonda (en comunicación directa con la Laguna de la Leche) se presentaron procesos de salinización, debido a la entrada de agua marina en determinados momentos de bajo nivel del agua o aperturas de canales de comunicación con el mar.

El pH promedio durante el período de muestreo fue de $8,08 \pm 0,27$ unidades. El pH más alto (8,86) fue en el sitio 1 en abril de 2019 y el más bajo (7,20), en el sitio 3, en marzo de 2015. Espacialmente, la distribución más homogénea de pH fue en septiembre de 2016. El valor de pH tuvo valores similares a los reportados por Batista Tamayo *et al.* (2006), tanto en 2000 como en 2004 e incluso fue similar al pH determinado en laguna La Redonda por González de Zayas *et al.* (2021) y que clasifican a estas aguas como ligeramente alcalinas.

El promedio de OD fue de $5,6 \pm 1,3$ mg/L, con el contenido más elevado (9,60 mg/L) en marzo de 2015 y la concentración más baja (3,3 mg/L) en septiembre de



2018. En ningún muestreo, el OD estuvo por debajo de los límites de hipoxia ($< 3,0$ mg/L) o anoxia ($< 1,0$ mg/L). El OD tuvo niveles más elevados y menos variables que aquellos determinados por Gómez-Carro *et al.* (1988) entre 1985 y 1998 (entre 0,6 y 7,0 mg/L), y sin sitios con anoxia e hipoxia. Batista Tamayo *et al.* (2006) determinaron algunas evidencias de hipoxia hacia el sur de la laguna, con una distribución espacial que mostró un patrón de incremento de la concentración del gas de sur a norte, comportamiento que no es coincidente con lo de este estudio.

En la DQO se analizaron un total de 99 muestras, la concentración de DQO estuvo entre 5,0 mg/L y 204,0 mg/L, siendo la mínima en el sitio 3 en mayo de 2017 y la máxima en el sitio 6 en abril de 2020. Espacialmente, la mayor fracción químicamente oxidable se concentró hacia el norte de la laguna. En la DBO_5 durante el período de estudio se analizaron 97 muestras, teniendo un promedio de concentración de $17,4 \pm 12,9$ mgO₂/L. La concentración más elevada de DBO_5 (81,00 mgO₂/L) fue en el sitio 5 fue en octubre de 2015 y la más baja (3,0 mgO₂/L) en el sitio 3 en mayo de 2018. La DBO tuvo una correlación significativa con la DQO ($r^2=0,725$) y una distribución espacial muy similar.

El contenido de materia orgánica (expresada como DBO_5) fue uno de los parámetros determinados en este estudio y que también lo fueron por Gómez-Carro *et al.* (1988) entre 1985 y 1988. Los de este estudio fueron varias veces mayores que los determinados en el siglo pasado, lo que puede deberse a una menor capacidad de autodepuración de la laguna, al incremento del volumen de residuales líquidos dispuestos a la laguna y/o incluso a la combinación de ambos factores. Baste decir que según Gómez-Carro *et al.* (1988) una de las fuentes de vertimiento de residuales a la laguna era la ciudad de Morón que contabilizaba más de 32 000 habitantes (el censo de 1981 reportaba 45 846 habitantes en todo el municipio), y en el año 2012 el incremento poblacional del municipio llegaba a 66 287 habitantes (Hernández Blanco y Fernández Rigondeaux, 2019). La DBO_5 , al igual que la DQO, fue de los pocos parámetros que restringieron el uso del agua de la Laguna de la Leche para su utilización como recurso pesquero, a pesar, de que hoy es su principal uso. Este comportamiento, al parecer, ha tenido poco cambio durante décadas, ya que similar



resultado observó Gómez-Carro *et al.* (1988) hace más de 30 años. En dos presas de la provincia (Chambas I y Las Margaritas), explotadas también como recurso pesquero, Ortega Borroto *et al.* (2024) y Varela Gómez *et al.* (2025) y determinaron que los contenidos de materia orgánica en el agua, restringían el uso de estas aguas para su uso en la acuicultura. En todos los casos, el vertimiento de residuales líquidos fue la principal causa de este comportamiento.

El análisis microbiológico tuvo promedios elevados (más de 500 NMP/100 mL) de CT y más de 300 NMP/100 mL de CTT en todo el período de muestreo. Sin embargo, en varios sitios y muestreos, las concentraciones totales de coliformes sobrepasaron las 1600 NMP/100 mL, mostrando una elevada concentración de estos indicadores de calidad. El reporte publicado (Bastita Tamayo *et al.*, 2006) sobre la contaminación microbiológica en la Laguna de la Leche mostró que en la mayoría de los sitios de muestreos (marzo del 2000), los contenidos de coliformes termotolerantes y totales sobrepasaban las normas cubanas para aguas de uso pesquero y para el baño recreativo. En este estudio, estas concentraciones de bacterias indicadoras de contaminación, no superaron los LMA para las aguas de uso pesquero; sin embargo, si clasificaron estas aguas como con restricción para su uso como agua de abastecimiento público para uso potable.

Evaluación de la calidad de agua

Uso de agua para abastecimiento

Algunos parámetros determinados, a saber, los cloruros, el máximo de sulfatos y la mayoría de las concentraciones de coliformes termotolerantes sobrepasaron los Límites Máximos Admisibles (LMA) de la NC 827 (2012). Estos aspectos invalidan el uso directo del agua de la laguna para el abastecimiento como agua potable sin tratamiento previo.

Uso pesquero (acuicultura)

La evaluación de la calidad de la Laguna de la Leche para su posible uso como recurso de producción acuícola se realizó siguiendo los parámetros establecidos en la Norma Cubana para uso pesquero NC 25:1999, el oxígeno disuelto tuvo una calidad buena (mayor que 5,0 mg/L) en casi todo el período de muestreo, sin embargo, en

e8950

Cite este artículo como:

Quesada Pérez, D.A. y González de Zayas, R. (2026). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de la Laguna de la Leche. *Universidad & ciencia*, 15(1), e8950.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8950>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18866586>



octubre de 2015 (4,0 mg/L), y septiembre de 2018 (3,6 mg/L), la concentración de este parámetro estuvo en concentraciones tales que puede ser evaluado como de calidad dudosa (rango de 2,0 a 5,0 mg/L). En el caso de la DBO_5 , cataloga el agua de la laguna como de mala calidad (mayor que 30 mg/L) en casi todo el período de muestreo, sin embargo, en marzo de 2015 y septiembre de 2018 tuvo una calidad dudosa (de 3,0-8,0 mg/L). No hubo aguas de buena calidad ($< 3,0$ mg/L) en el periodo muestreado.

Evaluando la calidad del agua y, utilizando la concentración de DQO como indicador, tuvo buena calidad (menor que 15,0 mg/L) en abril de 2018, mayo 2017 y septiembre de 2018. Sin embargo, en octubre de 2015 y septiembre 2018 mantuvo una calidad dudosa (15,0-30,0 mg/L). Tuvo el agua una calidad mala (mayor que 30,0 mg/L) en marzo y octubre 2015, mayo de 2017, abril y septiembre de 2018.

En el caso del pH, el agua mantuvo una buena calidad en casi todo el período de muestreo (6,5-8,5), sin embargo, en mayo de 2015 y septiembre de 2018, tuvo una calidad dudosa (8,5-9,5). Las concentraciones de fosfato sugirieron que el agua tuvo una calidad buena (menor a 0,1 mg/L) y calidad dudosa (0,1-3,0 mg/L) en la mayoría de los muestreos. La calidad microbiológica de las aguas de la laguna puede ser catalogada como de buena calidad, ya que, en todo el período evaluado, la concentración de coliformes totales estuvo por debajo de LMA según la norma cubana para uso pesquero NC 25:1999.

Riego agrícola

Los valores del RAS calculados estuvieron entre 3,24 y 10,55 (promedio de 5,18) y la CE promedio fue 6,11 dS/cm (4,67 – 10,31 dS/cm). Los valores más elevados de ambos parámetros estuvieron en el centro de la laguna. Tomando en consideración los criterios sugeridos por Ayers y Westcot (1987) y los valores de RAS y CE, estas aguas deben ser consideradas como de restricción severa para el riego por infiltración. En cuanto a los contenidos de sodio y cloruros, el agua de la laguna no puede ser usada para el riesgo superficial ni por aspersión, lo que convierte a esta reserva de agua con solo uso acuícola.

Índice de calidad del agua (ICA_{sp})

e8950

Cite este artículo como:

Quesada Pérez, D.A. y González de Zayas, R. (2026). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de la Laguna de la Leche. *Universidad & ciencia*, 15(1), e8950.

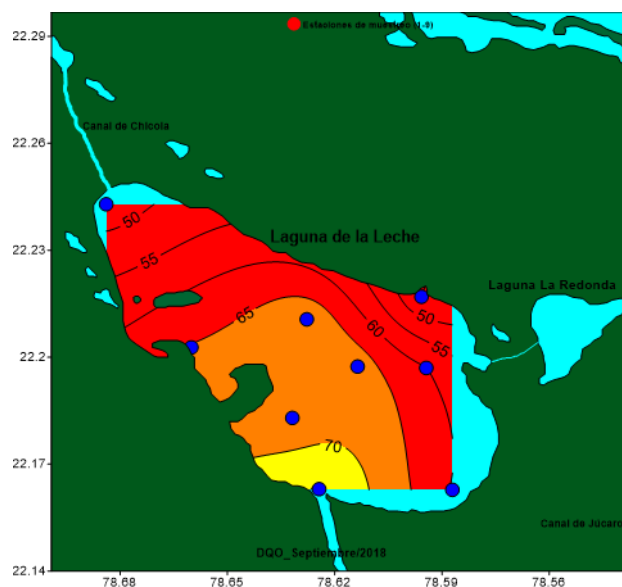
URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8950>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18866586>

El ICA_{sp} fue calculado para cada uno de los sitios de muestreo, promediando los valores calculados en muestreos, donde estuvieran todos los parámetros disponibles (Figura 5). La clasificación del agua en Laguna de la Leche fue, desde altamente hasta medianamente contaminada, en toda su extensión y durante la mayoría de los muestreos del período estudiado. La principal restricción en el uso de las aguas de la Laguna de la Leche (abastecimiento, pesquero y riego agrícola) se relacionan, principalmente, con los parámetros indicadores del contenido de sales (salinidad, CE, cloruros, sodio, magnesio), el contenido de materia orgánica (DBO_5 y DQO) y la contaminación microbiológica. Los valores de estos parámetros, determinan el limitado uso de un embalse, natural, pero al fin de cuenta embalse, que cuenta con más de 100 millones de m^3 disponibles.

Figura 5

Distribución espacial del valor promedio del ICA_{sp} , calculado para cada sitio de muestreo en la Laguna de la Leche entre 2015 y 2020.



El uso de Índices de Calidad del Agua (ICA_{sp}) puede resultar muy beneficioso para el análisis e interpretación de los datos generados en los programas de monitoreo de los cuerpos acuáticos, así como para la gestión ambiental de los mismos. El ICA_{sp} promedio calculado para cada sitio de muestreo, mostró que las aguas de esta laguna van desde altamente hasta medianamente contaminadas. A pesar de que el mayor



aporte de descargas de aguas que entran a la laguna se encuentra hacia el sur de la laguna, espacialmente, las aguas más contaminadas se van distribuyendo hacia el norte. En estas variaciones espacio-temporales de indicadores de calidad del agua están determinadas por varios factores, como la dilución de los contaminantes, el volumen, la naturaleza y la frecuencia de los residuales vertidos, la actividad biológica y las condiciones climáticas (principalmente temperatura, vientos y precipitación) (Gómez Carro, 1991).

En este estudio, los parámetros que determinaron los valores calculados del ICA_{sp} fueron la CE, la DQO y en menor medida los CTT. Seisdedo *et al.* (2017) y Varela Gómez *et al.* (2025) obtuvieron valores del ICA_{sp} en dos embalses de la región central de Cuba y en un embalse de Ciego de Ávila, respectivamente, que fueron mejores a los de estudio (entre agua de calidad aceptable y excelente). Estos autores usaron el mismo (ICA_{sp}) de este estudio y concluyeron que, entre los cinco parámetros considerados en este estudio, los que mostraron las mayores afectaciones fueron el pH y la saturación de oxígeno. Se debe acotar que esta laguna difiere en su geomorfología, origen y funcionamiento a los embalses artificiales como las presas.

Conclusiones

Los parámetros indicadores del contenido de sales (cloruros, CE, salinidad) mostraron que, a pesar de las acciones realizadas durante las últimas décadas para desalinizar la Laguna de la Leche, los valores de conductividad eléctrica y salinidad están en niveles que impiden el uso de estas aguas en algunas actividades socioeconómicas, como el riego agrícola. Estas aguas se clasifican como salobres y dentro de estas como aguas desde mesohalinas hasta polihalinas, además de ser aguas ligeramente alcalinas. No se detectaron eventos de anoxia y/o hipoxia en ninguna de las estaciones y muestreos, y las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron en concentraciones adecuadas para la vida acuática. Los contenidos de materia orgánica (expresados como DQO y DBO_5) fueron elevados y sobrepasaron los límites máximos admisibles para el uso pesquero, a pesar de ser este (acuicultura) el principal uso de la laguna. La contaminación microbiológica se distribuye en toda el área de la laguna y junto a los elevados contenidos de materia orgánica, son

e8950

Cite este artículo como:

Quesada Pérez, D.A. y González de Zayas, R. (2026). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de la Laguna de la Leche. *Universidad & ciencia*, 15(1), e8950.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8950>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18866586>



evidencias del vertido de residuales líquidos de origen fecal. Según el índice de calidad del agua calculado, las aguas de la laguna están contaminadas en toda su extensión.

Referencias Bibliográficas

- Ayers, R. S. y Westcot, D. W. R. (1987). *La calidad del agua en la agricultura*. Estudio FAO. Riego y Drenaje 29. 174 pp.
- Batista Tamayo, L. M., Gonzáles de Zayas, R., Zúñiga Ríos, A., Matos Pupo, F., Hernández Roque, L. y González Alfonso. D. (2006). Atributos físicos del norte de la provincia Ciego de Ávila. En: *Ecosistemas costeros: biodiversidad y gestión de recursos naturales. Compilación por el XV Aniversario del CIEC*. Sección I. Ecosistema del norte de la provincia Ciego de Ávila. CIEC.
- Hernández Blanco, Y. y Fernández Rigondeaux, Y. (2019). Estudio de la evolución del sistema de asentamientos humanos de la provincia de Ciego de Ávila en el período 1981-2012. *Revista Novedades en Población*, 15(29), 192-202.
- García Fernández, J. M., y Gutiérrez Díaz, J. B. (2015). Un índice para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales en cuencas hidrográficas (ICAsp 2014). *Voluntad Hidráulica*, 113.
- Gómez Carro, R., Eiriz, P. y León, P. (1988). Influencia del huracán Kate sobre la calidad del agua de la laguna de la Leche. *Voluntad Hidráulica*, 25, 39-46.
- González de Zayas, R., Merino Ibarra, M., Lestayó González, J. A. y Peraza Escarrá, R. (2021). Can La Redonda lagoon (Cuba) be a suitable habitat for largemouth bass (*Micropterus salmoides*, Lacepède) recovery? *Annales de Limnologie - Int. J. Lim.*, (57), 15. <https://doi.org/10.1051/limn/2021011>
- Norma Cubana (NC) 25:99. (1999). Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. Especificaciones y procedimientos para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero, 12 pp.
- NC 827: 2012. (2012). Agua potable. Requisitos sanitarios. Oficina Nacional de Normalización.
- Ortega Borroto, D., Cervantes Chávez, H. y González de Zayas, R. (2024). Calidad del agua superficial de la cuenca Chambas en Ciego de Ávila. *Universidad & ciencia*, 13(3), 97-110. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13993179>



- Popowski, G., Campos, A., Sánchez, M., Borrero, N., Gómez, R. y Pérez, M. (1994). D esalinization effects over planktonic community structure in Laguna de la Leche, Cuba. *AVICENNIA. Rev. Ecol. Oceanol. Biodivers. Trop.*, (2), 47-61.
- Seisdedo, M., Díaz, M., Barcia, S. y Arencibia, G. (2017). Análisis comparativo de la calidad del agua de dos embalses de la cuenca Arimao, Cuba (2014-2015). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 34(2), 60-67.
- Varela Gómez, M., Ortega Borroto, D. y González de Zayas, R. (2024). Caracterización de la presa Las Margaritas de Ciego de Ávila. *Universidad & Ciencia*, 14(1), 43-57. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14606219>

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflictos de intereses.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de los contenidos y no realice modificación de la misma.