Universidad & ciencia
Vol.14, No. 1, enero-abril, (2025)
ISSN: 2227-2690 RNPS: 2450
Universidad de Ciego de Ávila, Cuba

Caracterización hidroquímica de la presa Las Margaritas de Ciego de Ávila

Hydrochemical characterization of the Las Margaritas dam of Ciego de Avila

Marikarla Varela Gómez
http://orcid.org/0009-0008-6945-6109
Dafne Ortega Borroto
http://orcid.org/0000-0002-6136-9958
Roberto González de Zayas
http://orcid.org/0000-0001-8035-8624

Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba
marikarla@unica.cu dafne@unica.cu
robertogz@unica.cu

Recibido: 2024/05/31 **Aceptado:** 2024/08/25 **Publicado:** 2025/01/13

Cite este artículo como:
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.
URL: https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8587
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14606219

Resumen

Introducción: La demanda de agua, debido a la expansión de la población mundial y del crecimiento económico, ha aumentado la necesidad de construir presas y Las Margaritas en la provincia de Ciego de Ávila, no ha sido debidamente estudiada desde el punto de vista hidroquímico, por lo que hacerlo pudiera condicionar el uso de sus aguas para diferentes fines. **Objetivo:** caracterizar la calidad del agua y su dinámica temporal de la presa Las Margaritas con vistas a otras alternativas para su uso. **Método:** Para la evaluación fisicoquímica de las aguas de la presa y su dinámica temporal se tomaron y analizaron muestras de agua en la superficie en un sitio de muestreo. Los resultados de la caracterización

fueron utilizados para evaluarlos y compararlos con las normas nacionales establecidas para diferentes usos (abastecimiento, acuícola y riego) del agua y para calcular un índice de calidad del agua. **Resultados:** La temperatura del agua en la presa Las Margaritas siguió durante la mayoría del período de muestreo un comportamiento estacional. Debido a los valores de pH, el agua de la presa puede ser clasificada como ligeramente alcalina. Excepto a la dudosa o mala calidad microbiológica y para los contenidos de materia orgánica en algunos muestreos, el agua del embalse puede ser utilizado para los usos propuestos. En el caso de agua para abastecimiento se recomienda una potabilización efectiva previa. **Conclusión:** Los resultados de este estudio podrían constituir una herramienta útil en el manejo, uso y conservación de este recurso acuático.

Palabras clave: calidad del agua; índice de calidad, presa, usos del agua

Abstract

Introduction: The demand for water, due to the expansion of the world population and economic growth, has increased the need to build dams and Las Margaritas dam in the province of Ciego de Ávila has not been properly studied from a hydrochemical point of view, so doing so could condition the use of its waters for different purposes. **Objective:** characterize the water quality and its temporal dynamics of the Las Margaritas dam with a view to other alternatives for its use. For the physicochemical evaluation of the dam waters and their temporal dynamics, surface water samples were taken and analyzed at a sampling site. **Results:** The results of the characterization were used to evaluate and compare them with the national standards established for different uses (supply, aquaculture and irrigation) of water and to calculate a water quality index. The water temperature in the Las Margaritas dam followed a seasonal behavior during most of the sampling period. Due to the pH values, the dam water can be classified as slightly alkaline. Except for doubtful or poor microbiological quality and for the organic matter content in some samples, the water from the reservoir can be used for the proposed uses. In the case of water for supply, prior effective purification is recommended. **Conclusion:** The results of this study could constitute a useful tool in the management, use and conservation of this aquatic resource.

Keywords: dam; quality index; water purposes; water quality

Introducción

El agua ha desempeñado un papel central para el desarrollo de diversas civilizaciones. La sociedad se beneficia ampliamente de los servicios ambientales del agua proveniente de acuíferos, ríos, lagos o costas, y por consiguiente el ser humano ejerce una influencia directa o indirecta sobre ellos y su biota acuática (Brown, 2004; Díaz de Rada y Palacios Gomez, 2013).

La demanda de agua, debida a la expansión de la población mundial y del crecimiento económico, ha aumentado la necesidad de construir presas que permitan almacenar grandes volúmenes de agua. Las presas tienen ciertas ventajas como el abastecimiento de agua, el regadío, el control de avenidas, la energía hidroeléctrica y también la navegación fluvial y el ocio (Berga *et al.*, 2007).

Este desarrollo hídrico viene enlazado con la calidad del agua ya que el agua tiene un doble valor, es un elemento del ecosistema y es consecuentemente un activo social. Su calidad y escasez es una problemática que afecta la producción de alimentos, la salud, la estabilidad política y social. La calidad del agua se ve afectada por una variedad de factores, tanto naturales como otros relacionados con las actividades del hombre (Berga *et al.*, 2007).

Las presas se destacan por tener cambios en la calidad del agua debido a factores que influyen en su variación, es por ello que se hace necesaria la implementación de programas de vigilancia para garantizar la seguridad del agua. Estos programas deben comprender estudios sistemáticos de las cuencas de captación y de las fuentes o embalses de almacenamiento en función de identificar problemas ambientales (Valladares, 2019).

En países de América Latina y el Caribe la contaminación de las aguas superficiales por sustancias químicas y biológicas es un problema grave que cada vez puede volverse más crítico si las descargas de residuales se realizan sin un tratamiento previo, lo que puede ocasionar un daño ecológico irreversible (Sardiñas *et al.*, 2006).

Entre los contaminantes más frecuentes de las aguas se encuentran: la materia orgánica, las bacterias y virus patógenos al hombre y los animales, los desperdicios industriales y domésticos, entre otros, por lo que determinar la calidad sanitaria de estos cuerpos de agua proporciona herramientas indispensables para la toma de decisiones en relación al control de los vertimientos, tratamiento de las aguas y conservación del ecosistema (Sardiñas *et al.*, 2006).

Cuba se caracteriza por la riqueza de sus recursos naturales, sin embargo, muchos de ellos no son aprovechables adecuadamente, o bien el uso indiscriminado de ellos ha traído como consecuencia la contaminación de los mismos, siendo el agua uno de los más importantes (Stambouliam, 2005).

El uso de Índices de Calidad del Agua (ICA) 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 (Seisdedo *et al.*, 2017). Diversos han sido los índices aplicados tanto a nivel internacional como nacional para el estudio de las aguas superficiales (Liou y Wang, 2004; Morales, 2008) . Algunos de ellos incluyen más parámetros que otros, consideran o no ponderaciones y los agrupamientos se basan fundamentalmente en expresiones aditivas o multiplicativas.

En la provincia de Ciego de Ávila se busca la posibilidad de encontrar nuevas fuentes de agua que sirvan para diferentes usos (incluyendo el consumo humano, el riego y la acuicultura) a la población para ser utilizadas en caso de sequías. Sin embargo, no existen referencias publicadas sobre la calidad fisicoquímica de las aguas de las presas de la provincia, ya que las mayoría de los estudios sobre la calidad del agua dulce se remonta a la década del 80 del siglo pasado y enfocados principalmente a la Laguna de la Leche (Popowski *et al.*, 1994) y en este siglo, a otra laguna natural, laguna La Redonda (González de Zayas *et al.*, 2021). Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la calidad del agua y su dinámica temporal de la presa Las Margaritas en el período 2015 – 2020 con vistas a otras alternativas para su uso.

Materiales y Métodos

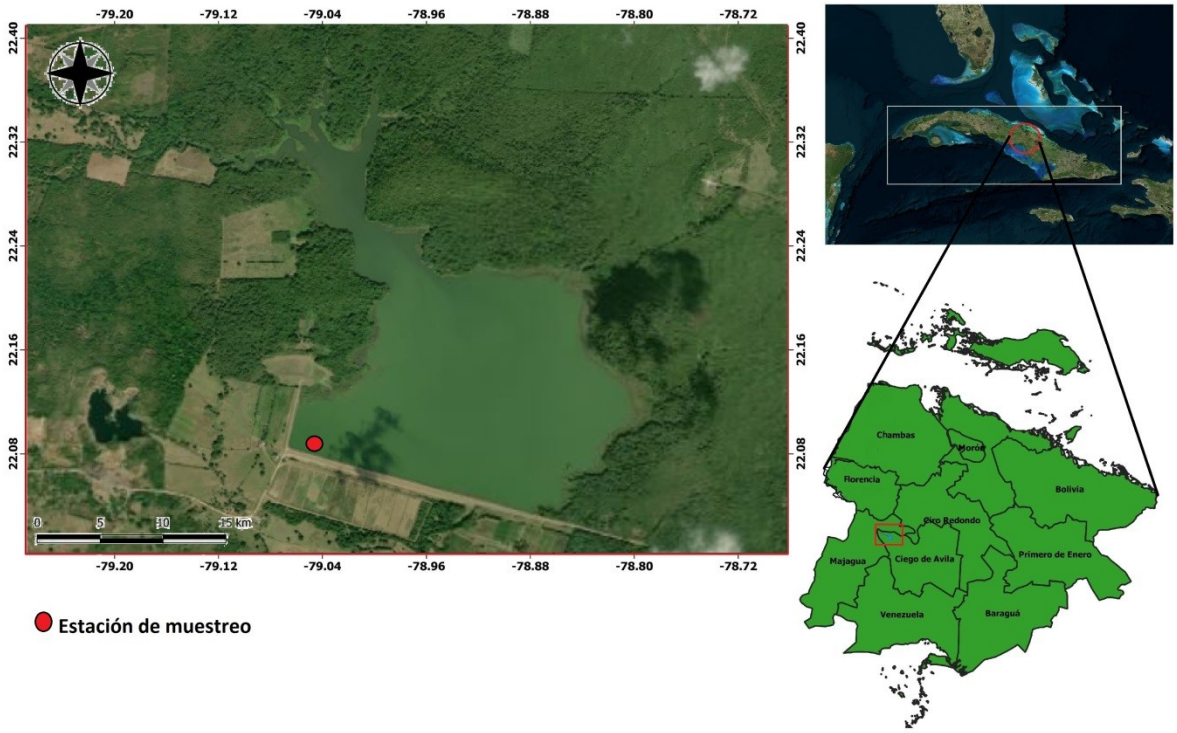
Las Margaritas es una presa ubicada en la Cuenca Sur; Carretera de Jicotea a Lázaro López en Ciego de Ávila, (Figura 1). La presa Las Margaritas es de tipo heterogénea de categoría IV, con un Área de 25,29 km^2, su altura media es de 100 m, tiene una pendiente media de 0,0266 $^0/_{00}$ y su principal río es el Maniadero (longitud de 9,0 km). El embalse presenta un tipo de regulación anual con un volumen de entrega garantizada de 4,66 x 10^6 m^3. Su volumen útil es de 6,94 x $10^6 m^3$.

Las condiciones climáticas de la región se caracterizan por un clima tropical. La región tiene un clima característico de Cuba, con dos épocas climáticas bien definidas: de lluvias (de mayo a octubre) y de escasas lluvias (de noviembre a abril). La presa

está situada al oeste de la provincia, en una de las zonas de mayores precipitaciones del territorio (más de 1340 mm año^{-1}) (Valero *et al.*, 2022).

Figura 1

Localización de la presa Las Margaritas (Ciego de Ávila).



Toma de Muestras

Las muestras de agua se tomaron a nivel superficial, en una estación 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 el período 2015 - 2020, abarcando los periodos lluviosos y poco lluvioso de todo el período estudiado.

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^{1-}), 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-}).

Todas las muestras tomadas para CE, el pH y la temperatura abarcaron el período de estudio (2015-2020). Los restantes parámetros se determinaron solo en algunos muestreos.

Evaluación de la Calidad de Agua

En Cuba existen normas que reglamentan los criterios de calidad de las aguas según su uso. Las mismas establecen los requerimientos máximos que deben cumplirse para un hecho determinado, si algunos de los requerimientos que dicta cada norma no se cumple, entonces el uso del agua para el fin de la norma puede tener restricciones para su uso.

Para la valoración de calidad de agua de la presa Las Margaritas y su posible uso para abastecimiento se utilizó la Norma Cubana para uso de agua potable (NC 827:2017). 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 la norma FAO 1987, 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

Relación de Adsorción del Sodio (RAS)

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

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

La determinación del índice de calidad del agua para recursos hídricos superficiales (ICA_{sp}) se basó en la metodología propuesta por García Fernández y Gutiérrez 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

Índice de Calidad del Agua (ICA_{sp})

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

Se propone emplear una clasificación (en base al valor calculado del ICA_{sp}) en la que existen cinco categorías descendentes de calidad del agua, a saber: excelente calidad (90,00-100,00), calidad aceptable (80,00-89,99), medianamente contaminada (70,00-79,99), contaminada (60,00-69,99) y altamente contaminada (<59,99).

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

No fue posible encontrar referencias relativas a la calidad del agua y/o su evaluación en la presa Las Margaritas. Por esta razón, los resultados de este estudio podrían constituir una herramienta útil en el manejo, uso y conservación de este recurso acuático.

Todos los resultados de los parámetros fisicoquímicos determinados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Valores promedios, máximo y mínimo de algunos de los parámetros fisicoquímicos determinados en la presa Las Margaritas en el período 2015 – 2020.

Parámetros fisicoquímicos	Número de muestras	Promedio	Mínimo	Máximo
CO_3 (mg/L)	6	3,1	0,0	19,0
HCO_3 (mg/L)	6	114,3	66,0	166,0
Ca^{2+}(mg/L)	6	26,6	20,0	35,0
Cl^{1-} (mg/L)	6	29,8	20,0	38,0
Mg^{2+} (mg/L)	6	18,0	2,0	35,0
K^{1+} (mg/L)	4	6,9	4,8	9,0
Na^{1+} (mg/L)	4	19,2	17,0	23,0
SO_4^{2-} (mg/L)	5	18,6	13,0	29,0
CTT (NMP/100ml)	5	194,9	2,0	920,0
CT(NMP/100ml)	14	342,1	2,0	1600,0
NO_3^{1+} (mg/L)	6	4,5	4,5	5,0
NO_2^{1+} (mg/L)	15	0,1	0,0	1,6

NH_4^{1+} (mg/L)	6	0,3	0,0	1,3
PO_4^{3-} (mg/L)	14	1,0	0,0	14,0

La temperatura promedio para todo el muestreo fue de 25,9 ± 1,5 ^{0}C. La temperatura mostró un comportamiento estacional con la temperatura más elevada (27,5 ^{0}C) en septiembre de 2018 (verano) y la temperatura más baja (22.3 ^{0}C) en febrero de 2020 (invierno).

El pH promedio durante el período de muestreo fue de 8,0 ± 0,4 unidades, sin un patrón estacional homogéneo. El pH más alto (8,9) fue en septiembre de 2016 y el más bajo (7,3) en septiembre de 2017. El pH osciló en el embalse desde 7,31 (septiembre de 2017) hasta 8,91 (septiembre de 2016), por lo que esta agua se puede considerar como ligeramente alcalina. La mayoría de los valores de pH medidos, estuvieron dentro del criterio establecido por las normas consultadas para el posible uso del agua. Valores similares fueron determinados por otros estudios (Betancourt, 2014; Seisdedo *et al.*, 2017) en dos presas de Cienfuegos (7,32-8,36 unidades en la presa Paso Bonito) y Villa Clara (7,1-9,0 unidades en la presa Hanabanilla).

La conductividad eléctrica mantuvo un promedio de 335,8 ± 44,2 µS/cm, siendo la más elevada (411,0 µS/cm) en febrero de 2015 y las más baja (236,0 µS/cm) en septiembre de 2017. Los valores de CE determinados, estuvieron en correspondencia con lo planteado por Sardiñas *et al.* (2006) de que los valores normales de este parámetro en aguas dulces comprenden el rango de 100-2000 µS/cm.

El promedio de OD fue de 6,0 ± 1,7 mg/L, con el contenido más elevado (10,4 mg/L) en septiembre de 2018 y la concentración más baja (3,4 mg/L) en julio de 2015. En ningún muestreo, el OD estuvo por debajo de los límites de hipoxia (< 3,0 mg/L) o anoxia (<1,0 mg/L). La concentración de oxígeno disuelto en la presa Las Margaritas estuvo en concentraciones adecuadas para el desarrollo de la vida acuática (> 3,0 mg/L) y en la mayoría de los muestreos, fue superior al LMA para calificarla como Buena según la NC 25:1999. Contenidos similares de OD a los de la presa Las Margaritas han sido determinados en las presas Chalons y Parada en Santiago de Cuba (Rodríguez *et al.*, 2017); Laiz Averhoff (2016) determinó concentraciones Aceptables de OD (similares a este estudio) para toda la columna de agua incluyendo el fondo en la zona cercana a la obra de toma del embalse Maurín en Artemisa, por lo que concluyó que en el resto del embalse también esto beneficia el uso de las aguas, sobre todo para su posible uso en el abastecimiento. Sin embargo, otros autores han

reportado niveles de oxígeno cercanos a la hipoxia, e incluso a la anoxia en sistemas cubanos de agua dulce, como en la presa Hanabanilla (Seisdedo *et al.*, 2017) y laguna La Redonda (González de Zayas *et al.*, 2021).

La DQO es un indicador de materia orgánica que puede relacionarse de forma inversa con la concentración de OD en las aguas; aunque, en este estudio no fueron significativos los valores de los coeficientes de correlación ($p > 0,05$). Sin embargo, la DQO y la DBO_5 tuvieron una correlación significativa (0,92; $p < 0,05$). La demanda química (DQO) y bioquímica (DBO_5) fueron relativamente bajas, aunque normales para el comportamiento de las aguas embalsadas, con valores que oscilaron entre 6,0 y 59,0 mgO_2/L para la DQO (promedio de 25,4 ± 16,0 mg/L) y entre 3,0 y 25,0 mgO_2/L p ara la DBO_5 (promedio de 9,9 ± 6,0 mgO_2/L) en todo el período de estudio. Similar concentración de ambos parámetros reportó Laiz Averhoff (2016) en el embalse Maurín en Artemisa. Seisdedo *et al.* (2017) determinaron concentraciones promedio por debajo de 10,0 mgO_2/L en las presas Hanabanilla y Paso Bonito, en ambos casos durante la temporada de pocas lluvias. Arpajón *et al.* (2012) obtuvieron para la DBO_5 y para la DQO, contenidos que oscilaron entre 0,8-1,90 mgO_2/L, y 9,0-22,00 mgO_2/L, respectivamente, en sistemas de agua superficiales en Pinar del Río.

Uno de los pocos usos que tiene hoy la presa Las Margaritas es para la explotación acuícola, sin embargo; en algunos de los muestreos, ambos parámetros (DQO y DBO_5) fueron los únicos que estuvieron en niveles tales, que clasificaron el agua de este embalse como de calidad Dudosa y Mala para su uso en la acuicultura. Estos elevados contenidos, principalmente los de DQO, pudieran estar relacionados con aportes externos de materia orgánica hacia el embalse.

Las concentraciones (Tabla 1) de los principales macronutrientes determinados (Cl^-, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) estuvieron en concentraciones similares a las reportadas por otros autores en embalses cubanos (Álvarez *et al.*, 2010); y debido su proporción $HCO_3^- > Ca^{2+} > SO_4^{2-}$ pueden clasificarse como aguas bicarbonatadas-cálcicas.

Los nutrientes nitrogenados, y principalmente el nitrato, tuvieron concentraciones más elevadas (Tabla 1) que los reportados en otros embalses del país como Maurín en Artemisa (Laiz Averhoff, 2016), Paso Bonito en Cienfuegos y Hanabanilla en Villa Clara (Seisdedo *et al.*, 2017). Rodríguez *et al.* (2017) reportaron niveles más bajos de todos los nutrientes nitrogenados determinados en este estudio, y en casos donde el nitrito sobrepasó los 0,45 mg /L, sugirieron que esto se debió al trasiego de animales y baños de animales que habitan en la comunidad aledaña a los

embalses estudiados (Chalons y Parada) en los días cercanos al muestreo. Laiz Averhoff (2016) determinó hasta cinco veces menos nitrato y nitrito que este estudio en la presa Maurín (Artemisa). Sin embargo, (Arpajón *et al.*, 2012) determinaron que los altos contenidos de compuestos nitrogenados (similares a los de este estudio en una presa de Pinar del Río) se debieron a la llegada de residuales domésticos y de granjas de cría de animales, como cerdos y vacas.

Según Reinaldo Rodríguez (comunicación personal), tres grandes focos contaminantes (cochiqueras) vierten, directamente o indirectamente, sus residuales "tratados" hacia la presa Las Margaritas, lo que unido al aporte de materia orgánica (determinados como DQO y DBO_5) pudiera influir en el contenido elevado de los nutrientes nitrogenados de este embalse.

A pesar de que, en la mayoría de los muestreos, el fosfato estuvo en concentraciones indetectables, en algunos muestreos, la concentración de este nutriente fue más de 100 veces lo reportado por (Betancourt *et al.*, 2010) en la presa Abreus (Cienfuegos) y más de diez veces con respecto a los reportados por Laiz Averhoff (2016) en la presa Maurín (Artemisa) y (Rodríguez *et al.*, 2017) en los embalses Chalons y Parada (Santiago de Cuba). Sin embargo, (Arpajón *et al.*, 2012) caracterizaron algunos ecosistemas dulceacuícolas en Pinar del Río, y determinaron que los contenidos de fosfato fueron diez veces más elevados que los de este estudio.

La calidad microbiológica del agua en la presa Las Margaritas tuvo gran variabilidad, y sólo en febrero de 2015 las concentraciones de CT y CTT no sobrepasaron los 2 NMP/100 mL. Con concentraciones de 240 NMP/100 mL en la presa Chalons, Rodríguez *et al.* (2017) justificaron este valor al posible vertimiento de aguas residuales procedentes de una granja de ganado ovino – caprino situada en las cercanías del sitio de muestreo. Los mismos autores sugieren esta posible fuente de contaminación microbiológica, con los picos en las concentraciones de nitrito determinadas en el mismo estudio.

El agua de la presa Las Margaritas puede ser utilizada para los usos que se evaluaron y según los parámetros que pudieron ser comparados. Sin embargo, en el caso del uso de esa agua como agua potable se recomienda la construcción de una planta potabilizadora que garantice la eliminación de la contaminación microbiológica, debido al parecer, al vertimiento de residuales porcinos (Betancourt *et al.*, 2010; Laiz Averhoff, 2016).

Para el uso en la acuicultura, los niveles de materia orgánica tuvieron valores que restringen el uso de esta agua para este fin. Aunque, estas concentraciones pudieran disminuir si se toman acciones de control y/o eliminación de los focos contaminantes que vierten al embalse. Sin embargo, y a pesar de esta restricción, la explotación acuícola es el único uso que tiene este embalse actualmente.

El uso de esta agua para el riego, en cualquiera de sus modalidades, no tiene restricciones según los parámetros evaluados. Otros autores han recomendado el uso de aguas de embalses cubanos para diferentes fines, principalmente para riego y el uso en el abastecimiento de agua a la población (Betancourt *et al.*, 2010; Domínguez Hurtado *et al.*, 2019; Laiz Averhoff, 2016; Rodríguez *et al.*, 2017).

Índice de Calidad del Agua (ICA_{sp})

El ICA_{sp} utilizado en este estudio, constituye una herramienta útil para la evaluación de los cuerpos de agua superficiales, en este caso, la presa Las Margaritas, El cálculo del ICA_{sp} sólo se calculó para cuatros muestreos entre 2015 y 2017 y en todos, la calidad del agua fue excelente.

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 (Ávila *et al.*, 2011). Seisdedo *et al.* (2017) obtuvo valores del ICA_{sp} en dos embalses de la región central de Cuba que fueron similares 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. No obstante, la no inclusión de los nutrientes en el ICA_{sp} pudiera limitar la obtención de información relevante para el manejo de la cuenca. En el caso de este estudio, los parámetros que pudieron influir más en los valores calculados del ICA_{sp} fueron la DQO y los CTT. Por esta razón, y aunque el agua de la presa Las Margaritas, se clasificó como agua de calidad aceptable y excelente, deben monitorearse las consecuencias que van teniendo en el agua del embalse el vertimiento de aguas residuales de las fuentes contaminantes identificadas.

Conclusiones

La temperatura del agua en la presa Las Margaritas siguió durante la mayoría del período de muestreo un comportamiento estacional. Sus aguas pueden ser clasificadas como dulces y ligeramente alcalinas, bicarbonatadas – cálcicas y con

concentraciones de oxígeno disuelto adecuadas para la vida acuática. El agua de la presa tuvo elevados niveles de compuestos nitrogenados (principalmente nitratos) y la calidad microbiológica fue de Dudosa a Mala. A pesar de lo anterior, el agua del embalse puede ser utilizado para los usos propuestos. En el caso de agua para abastecimiento se recomienda una potabilización efectiva previa. El índice de calidad utilizado permitió clasificar la calidad del agua del embalse como aceptable y excelente. Sin embargo, debe monitorearse la calidad del agua teniendo en cuenta el peligro que representa el vertimiento directo e indirecto de agua procedente de focos contaminantes aledaños.

Agradecimientos

A los especialistas de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico (EAH) de Ciego de Ávila por poner a la disposición de los autores toda la información disponible.

Referencias Bibliográficas

Álvarez, A., Gutiérrez, J. E., Facundo, J. R. y González, R. (2010). Análisis hidrogeoquímico de las aguas de la subcuenca Mampostón. . *Ciencias de la Tierra y el Espacio,* (11), 1-9.

Arpajón, Y., Larrea, J., Rojas, N., Heydrich, M. y Lugo, D. (2012). Efectividad de los programas de preservación de ecosistemas dulceacuícolas de Sierra del Rosario, Pinar del Río. Salud 2012, La Habana, Cuba.

Ávila, P., Cicerone, D., Da Costa, D. y Bedregal, P. S. (2011). *Propuesta de un Índice de Calidad de Agua para la Región de Latinoamérica y el Caribe. Reporte de proyecto.*

Ayers, R. S. y Westcot, D. W. R. (1987). La Calidad del agua en la agricultura. *Estudio FAO. Riego y Drenaje*, *29*.

Berga, L., Walz, A. y Vivo, M. (2007). *Las Presas y el agua en el mundo*. Ed. C. N. E. d. G. Presas

Betancourt, C. (2014). *Evaluación de las características hidroquímicas de los embalses de la cuenca Arimao.* Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos.

Betancourt, C., Suarez, R. y Toledo, L. (2010). Variabilidad iónica y características tróficas del embalse de Abreus, Cuba. *Limnetica*, *29*(2), 341-352. https://doi.org/10.23818/limn.29.28

Brown, L. (2004). *Salvar el planeta. Plan B: Ecologia para un mundo en peligro.* Paidos Iberica.

Díaz de Rada, V. y Palacios Gómez, J. (2013). Comparación de las tasas de respuesta en el uso combinado de modalidades de encuesta. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas (REIS)*, *141*(1), 159-170. https://doi.org/10.5477/cis/reis.141.159

Domínguez Hurtado, M., Soto Valero, C., Machado Montes de Oca, A. y Salmón Cuspinera, Y. (2019). Influencia de factores meteorológicos en la acuicultura de aguas interiores. *Revista Cubana de Meteorología*, *25*(2), 151-166.

González de Zayas, R., Merino Ibarra, M., Lestayo González, J. A. y Peraza Escarrá, R. (2021). Can La Redonda lagoon (Cuba) be a suitable hábitat for largemouth bass (Micropterus salmoides, Lacepêde) recovery? *Annales de Limnologie - Int. J. Lim.* (57), 15-26. https://doi.org/10.1051/limn/2021011

Laiz Averhoff, O. R. (2016). Caracterización de la calidad de las aguas del embalse Maurín, para su uso sostenible, municipio Bauta, provincia Artemisa,Cuba. *Aqua-LAC*, *8*(2), 55-70. https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2016-v8-2-06

Liou, S. L. y Wang, S. H. (2004). A generalized water quality index for Taiwan. *Enviromental Monitoring and Assessment*, *96*(1), 35-52.

Morales, C. (2008). *Diseño de un índice de calidad para el manejo y gestión de los ríos de Ciudad de La Habana.* [Maestría, CUJAE]. La Habana, Cuba.

Popowski, G., Campos, A., Sánchez, M., Borrero, N., Gómez, R. y Perez, M. (1994). D esalinization effects over planktonic community structure in Laguna de la Leche, Cuba. *AVICENNIA. Rev. Ecol. Oceanol. Biodivers. Trop.* (2), 47-61.

Rodríguez, J., Pérez, R., Gómez, L. y Álvarez, I. (2017). Evaluación químico analítica y microbiológica de los embalses Chalons y Parada de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, *29*(3), 418-435.

Sardiñas, O., Chiroles, S., Fernández, M., Hernández, Y. y Pérez, A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental,* (6), 202-206.

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.

Stambouliam, D. (2005). Distribución de Aedes aegypti. *Dengue*, *2*(2). http://www.viajeros.cei.com.ar

Valero, J., González, R., Alcántara, A., Alvarez, F., Matos, F. y Brown, O. (2022). Water area and volume calculation of two reservoirs in Central Cuba using

remote sensing methods. A new perspective. *Revista de Teledetección,* (60), 71-87. https://doi.org/10.4995/raet.2022.17770

Valladares, E. (2019). *Análisis de la calidad del agua del embalse Hanabanilla según el comportamiento de los niveles de agua.* [Trabajo de Diploma, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas]. Santa Clara, Cuba.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflictos de intereses.

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 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.