

61

Fecha de presentación: Mayo, 2024
Fecha de aceptación: Noviembre, 2024
Fecha de publicación: Noviembre, 2024

ANÁLISIS

COMPARATIVO DEL ESTADO TRÓFICO DE LAS AGUAS DEL EMBALSE ABREUS, CUBA

COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER TROPHIC STATUS OF ABREUS RESERVOIR, CUBA

Mabel Seisdedo Losa ^{1*}

E-mail: mabel@gestion.ceac.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3392-116X>

Augusto Abilio González ¹

E-mail: augusto@gestion.ceac.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8340-5725>

Aimee Valle Prombol ¹

E-mail: aimee@gestion.ceac.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7843-7542>

¹Centro de Estudios Ambientales. Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Seisdedo Losa, M., Abilio González, A., & Valle Prombol, A. (2024). Análisis comparativo del estado trófico de las aguas del embalse Abreus, Cuba *Universidad y Sociedad*, 16(6), 591-600.

RESUMEN

El recurso agua es indispensable para la vida, por ello es necesario el manejo apropiado de los embalses basado en el conocimiento integral de estos. Entre las afectaciones de la calidad de las aguas embalsadas debido a sus múltiples usos, se encuentra la eutrofización. Aunque el embalse Abreus fue construido en sus inicios para el riego, también cuenta con uso industrial y de consumo humano. Ello motivó la realización de varios estudios previos para evaluar la calidad de sus aguas, con reportes de condiciones eutróficas y aparición de florecimientos de cianobacterias. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis comparativo del estado trófico de las aguas del este reservorio luego de una década, para ver si ha ocurrido algún cambio. Se consideraron los datos obtenidos en dos puntos analizados en 4 campañas de muestreo, durante 2012 y 2022, estos correspondieron a parámetros relacionados con el estado trófico como: nutrientes, oxígeno disuelto, clorofila-a y transparencia. Los resultados luego de la aplicación de un índice de eutrofización, mostraron poco cambio ya que continúan las condiciones mesotróficas luego de una década. No obstante, considerando que los máximos valores están muy cercanos al criterio de eutrofia, es necesario realizar acciones que contribuyan a una reducción significativa de las cargas de nutrientes incorporadas a este embalse.

Palabras clave: Índice, Eutrofización, Nutrientes, Agua

ABSTRACT

The water resource is essential for life, which is why appropriate management of reservoirs is necessary based on comprehensive knowledge of them. Among the effects on the quality of dammed waters due to their multiple uses, is eutrophication. Although the Abreus reservoir was originally built for irrigation, it also has industrial and human consumption uses. This motivated several previous studies to assess the quality of its waters, with reports of eutrophic conditions and the appearance of cyanobacteria blooms. The objective of this work was to carry out a comparative analysis of the water trophic state of this reservoir after a decade, to see if any change has occurred. The data obtained at two points analyzed in 4 sampling campaigns, during 2012 and 2022, were considered; these corresponded to parameters related to the trophic state such as: nutrients, dissolved oxygen, chlorophyll-a and transparency. The results after the application of a eutrophication index showed little change since mesotrophic conditions continue after a decade. However, considering that the maximum values are very close to the eutrophy criterion, it is necessary to carry out actions that contribute to a significant reduction of the nutrient loads incorporated into this reservoir.

Keywords: Index, Eutrophication, Nutrients, Water.

INTRODUCCIÓN

La gestión de la calidad del agua es un factor importante que contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS). Se pueden usar los indicadores relacionados con la calidad del agua para demostrar los progresos hacia la consecución de las metas, trazando las tendencias en el tiempo y en el espacio (Kumar et al., 2020).

Los embalses son reservorios de agua utilizados para satisfacer las necesidades de la sociedad y medio ambiente, como la provisión de agua para consumo humano, animal y riego, la atenuación de crecidas, entre otras. La calidad del recurso agua servida, siempre tiene su punto de partida en el conocimiento que se tenga de la fuente natural de la que se dispone (García-López & Valdés-López, 2021). En este sentido, se requiere un conocimiento integral de estos sistemas acuáticos basado en el análisis procesos que ocurren en ellos, la litología de las cuencas de alimentación, las actividades antrópicas que inciden sobre estos, la influencia de las variables climáticas y las características físicas, químicas y biológicas del agua.

Entre las afectaciones de la calidad de las aguas embalsadas debido a sus múltiples usos, se encuentra la eutrofización. Es un proceso de deterioro de la calidad del recurso agua, se origina cuando los niveles de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, sobrepasan la capacidad de autodepuración y ocurre un cambio en la clasificación trófica, por ejemplo, de meso a eutrófico (Comas, 2022).

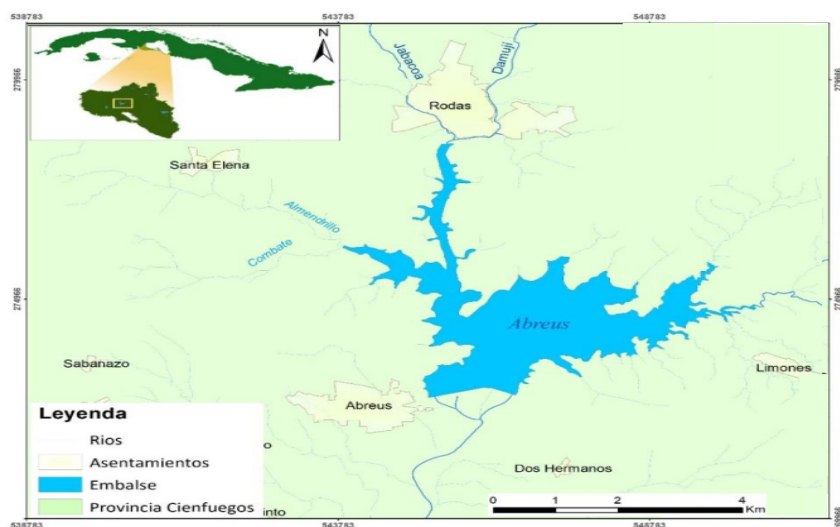
El embalse Abreus, ubicado en la provincia de Cienfuegos, al centro Sur de Cuba, se construyó en 1986 con el objetivo de utilizar sus aguas para el riego, pero también tiene uso industrial y de consumo humano. Por ello, varios estudios han abordado este reservorio y algunos de ellos han reportado condiciones eutróficas y aparición de florecimientos de cianobacterias (Valle et al., 2021; Comas, 2022; Valle et al., 2022). El objetivo de este trabajo es comparar el estado trófico de las aguas del este embalse luego de una década.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los ríos Damují y Jabacoa son las dos corrientes de mayor aporte de agua del embalse Abreus (Figura. 1), que recibe casi la totalidad del agua que escurre por la cuenca, al ubicarse en el último tramo del río principal (Damují). Su cuenca, con igual nombre que el río principal, yace sobre formaciones geológicas compuestas por arcillas, margas y calizas principalmente, así como basaltos, rocas epiclásticas y areniscas en menor proporción (Valle et al., 2021).

Fig 1: Ubicación del embalse Abreus.



Fuente: Elaboración por la Sección de Modelación y Geomática del CEAC (2021)

En la cuenca del embalse se generan residuales de origen industrial, agropecuario y humano que son parcialmente tratados y afectan la calidad del agua del río. Algunas características del embalse y su cuenca aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1: Características del área de estudio.

Características	Valor
Área de la cuenca (km ²)	1075
Altitud media de la cuenca (m)	50
Altitud del embalse (m)	10
Volumen del embalse (hm ³)	35
Área del embalse (km ²)	5.40
Área de la cuenca/ Área del embalse	199
Escorrentamiento medio anual (hm ³)	194.4
Gasto del río máximo (m ³ /seg)	124
Longitud del río (km)	52.8
Profundidad máxima del embalse (m)	12.5
Profundidad del punto de toma (msnm)	7.79

Fuente: Tomado de Betancourt et al. (2010)

Métodos y ensayos físico-químicos

Tanto en 2012 como en 2022 se realizaron colectas en dos puntos de muestreo y en dos campañas, representativas de cada uno de períodos climáticos: poco lluvioso (noviembre-abril) y lluvioso (mayo-octubre).

El muestreo y la determinación analítica de los indicadores seleccionados se realizaron por especialistas y técnicos del Laboratorio de Ensayos Ambientales del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Para la toma de muestras de agua se utilizó una botella Niskin de 5 L de capacidad. Las colectas se realizaron en el nivel superficial y se determinaron en el campo los ensayos in situ: pH, temperatura, conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD). El pH se determinó con un pH-metro digital marca HANNA, la CE y la temperatura se obtuvieron mediante una sonda digital YSI-30 y el oxígeno disuelto (OD) se analizó por el método de Winkler. Para medir la transparencia del agua se usó un disco Secchi (DS) de 20 cm de diámetro. La realización de los restantes ensayos requirió la conservación de las muestras en frío hasta su análisis en el laboratorio del CEAC. Para los análisis de nitrato (N-NO₃⁻), el amonio (N-NH₄⁺) y el ortofosfato disuelto (P-PO₄³⁻) se usaron métodos espectrofotométricos (APHA, 2017). La DBO₅, se determinó por el método de incubación a 20° C durante 5 días, la DQO por método espectrofotométrico y los sólidos suspendidos totales (SST) se analizaron mediante gravimetría. El análisis de Nitrógeno total (NTK) se basó en el método Kjeldahl, el Fósforo total (PT) se cuantificó por espectrofotometría mediante reducción con ácido ascórbico. Teniendo en cuenta la relación de la clorofila-a con el estado trófico de las aguas, se determinó este indicador por el método fluorimétrico usando extracción con metanol (APHA, 2017).

Se utilizó para la evaluación de la calidad de las aguas fluviales, el sistema de clasificación trófica propuesto por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982) (Tabla 2). También se utilizaron los criterios normados en la norma cubana para fuentes de abasto NC. 1021 (ONN, 2014), así como el criterio de Lynch & Poole (1979) para la clasificación de la calidad del agua de acuerdo con los porcentajes de saturación del OD.

Tabla 2: Sistema de clasificación trófica basada en valores límites de la OCDE (1982).

Categoría trófica	Media anual PT (µg/L)	Media anual Clf a (µg/L)	Media anual DS (m)
Ultra-oligotrófico	< 4.0	< 1.0	> 12
Oligotrófico	4- 10.0	1-2.5	12- 6.0
Mesotrófico	10- 35	2.5- 8.0	6.0- 3.0
Eutrófico	35- 100	8.0- 25	3.0- 1.5
Hipereutrófico	> 100	> 25	< 1.5

Fuente: Elaboración propia.

Otro método de clasificación trófica de las aguas utilizado en este estudio se basó en la determinación de un índice de estado trófico (IET) propuesto por Toledo et al. (1983) para zonas tropicales. Para el cálculo del índice de estado trófico medio (IET medio) se requiere la combinación de los índices de cada una de las variables: la transparencia mediante el Disco Secchi (DS), PT, PO₄ y clorofila a (Clf a). Las ecuaciones (1-4) para la determinación de estos índices se expresan de la forma siguiente:

$$IET_{\text{Modificado}}(\text{DS}) = 10 * \left[6 - \left(\frac{0.64 + \ln(\text{DS})}{\ln 2} \right) \right] \quad (1)$$

$$IET_{\text{Modificado}}(\text{P}_T) = 10 * \left[6 - \frac{\ln\left(\frac{80.32}{P_T}\right)}{\ln 2} \right] \quad (2)$$

$$IET_{\text{Modificado}}(\text{PO}_4) = 10 * \left[6 - \left(\frac{\ln\left(\frac{21.67}{\text{PO}_4}\right)}{\ln 2} \right) \right] \quad (3)$$

$$IET_{\text{Modificado}}(\text{Clf } a) = 10 * \left[6 - \left(\frac{2.04 - 0.695 \ln \text{Clf } a}{2a} \right) \right]$$

$$IET_{\text{Modificado}}(\text{medio}) = \frac{IET(\text{DS}) + 2 [(IET_{P_T}) + IET(\text{PO}_4) + IET(\text{Clf } a)]}{7} \quad (4)$$

Con el resultado del cálculo del IET Modificado (medio), se clasificó el estado trófico de las aguas según el siguiente intervalo: Oligotrofia ≤ 44 ; Mesotrofia $44 < \text{IET} < 54$ y Eutrofia ≥ 54 .

Identificación y estimación de la densidad del fitoplancton

Las muestras de agua se observaron y estudiaron en un microscopio óptico Laborlux Leica-Leitz, en campo claro. Para la identificación de las especies y/o grupos taxonómicos se consultó la obra florística de Comas et al. (2022). Se utilizaron cámaras de sedimentación Utermöhl para el recuento del fitoplancton y un microscopio invertido MOTIC, con un objetivo de 40 X, para contar 100 campos por muestra. La abundancia de fitoplancton se calculó según la expresión (ecuación 5):

$$\text{Número de Células}^{-1} = \frac{Nt}{Ncc} * F * \frac{1}{Vs} \quad (5)$$

Donde:

Nt: Número total de células,

Ncc: Número de campos contados (100)

Vs: Volumen sedimentado (25 mL)

F: Cociente entre el área de la cámara de sedimentación (530.9304 mm^2) / área del campo del microscopio a un aumento determinado, en este caso 40X ($0,1885 \text{ mm}^2$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los indicadores analizados en las dos campañas evaluadas, tanto en 2012 como en 2022, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados obtenidos (Valores medio \pm Desviación estándar) en cada uno de los períodos analizados en este estudio comparativo.

Indicadores	2012		2022	
	seca	lluvia	seca	lluvia
OD (mg/L)	3.85 \pm 0.07	7.9 \pm 0.28	6.34 \pm 0.47	6.1 \pm 0.10
pH (u)	7.7 \pm 0.53	8.0 \pm 0.14	7.8 \pm 0.54	8.15 \pm 0.51
Temp (°C)	26.0 \pm 0.71	29.2 \pm 0.1	27.4 \pm 0.92	29.9 \pm 0.99
CE (μ S/cm)	588.0 \pm 0.70	428.5 \pm 5.6	588.5 \pm 0.71	430.5 \pm 3.2
Transp. (m)	1.1 \pm 0.1	4.54 \pm 0.76	3.75 \pm 4.6	4.54 \pm 0.76
Sat.Ox	47.4 \pm 0.3	81.1 \pm 1.51	80.4 \pm 6.3	81.1 \pm 1.51
N-NO ₃ (mg/L)	0.043 \pm 0.01	0.004 \pm 0.005	1.94 \pm 1.1	0.03 \pm 0.02
N-NO ₂ (mg/L)	0.01 \pm 0.002	0.005 \pm 0.001	0.007 \pm 0.004	0.005 \pm 0.001
N-NH ₄ (mg/L)	0.08 \pm 0.004	< 0.0086	< 0.0086	0.07 \pm 0.08
P-PO ₄ (mg/L)	0.03 \pm 0.01	0.06 \pm 0.02	< 0.05	< 0.05
PT (mg/L)	0.05 \pm 0.003	0.14 \pm 0.01	< 0.05	< 0.05
NTK (mg/L)	1.04 \pm 0.32	2.11 \pm 0.42	1.5 \pm 0.71	2.0 \pm 0.36
DBO ₅ (mg/L)	3.2 \pm 1.13	6.55 \pm 1.91	7.7 \pm 0.47	7.9 \pm 0.62
Clfa (μ g/L)	3.95 \pm 0.38	4.88 \pm 1.15	2.06 \pm 0.08	1.62 \pm 0.54

Fuente: Elaboración propia

La temperatura muestra los registros más altos durante el período lluvioso, así como un ligero incremento de los valores promedio del 2022 respecto a los obtenidos en 2012 en los dos períodos analizados.

En ambos períodos climáticos, el pH del embalse reflejó condiciones alcalinas y ligeramente alcalinas, además de mostrar una calidad admisible ya que sus valores estuvieron dentro del rango (6.5-8.5) establecido en la norma cubana NC. 1021 (ONN, 2014). También, se puede constatar un ligero incremento en los valores promedio del 2022 respecto a los de 2012.

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la mineralización del agua, ya que esta capacidad depende de la concentración de electrolitos (aniones y cationes). En ambos períodos, los dos puntos analizados mostraron valores (400-600 μ mhos/cm), que reflejan condiciones medianamente salinas según el criterio de Serruya & Pollinger (1983). No obstante, los valores promedio reflejaron menor mineralización durante el período lluvioso, lo que pudo deberse al efecto de la dilución y a la ubicación geográfica del embalse, al final de la cuenca Damují, de acuerdo con Betancourt et al. (2010)

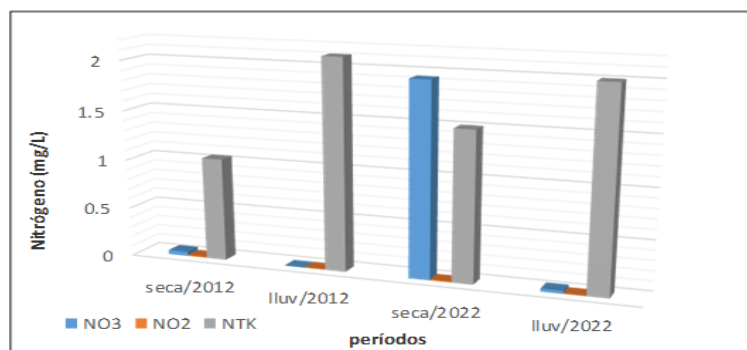
Según los criterios de clasificación de Lynch & Poole (1979), los valores de saturación de oxígeno obtenidos en el 2012 reflejaron aguas con calidad contaminada durante el período seco y regular durante el período lluvioso. Sin embargo, en el 2022 predominaron valores que reflejaron calidad regular, lo que muestra una ligera mejoría en este indicador que, además de su relación con el estado trófico de las aguas, suele considerarse en sistemas de clasificación sapróbica, que enfatizan en la contaminación por la materia orgánica biodegradable.

La DBO₅ es un indicador de materia orgánica y mostró valores promedio en 2022 mayores que en 2012 para ambos períodos climáticos. Salvo en el período seco de 2012, los restantes valores promedio fueron superiores al criterio (4

mg/L) establecido en la norma cubana NC. 1021 (ONN, 2014). Esto refleja la alta incidencia de los residuales líquidos de la actividad urbana y la cría de ganado en la cuenca.

En cuanto a las formas nitrogenadas determinadas (Figura. 2), durante 2012 el nitrógeno cuantificado por el método Kjeldahl (NTK) fue mayor que las restantes formas. El NTK expresa el contenido de nitrógeno orgánico y amoniacal. Durante 2022, este indicador mostró concentraciones similares, a diferencia del nitrato que mostró un incremento en sus concentraciones durante el período seco, aun cuando no superan el criterio normado (45 mg/L) en la norma cubana NC. 1021 (ONN, 2014). Si bien este indicador no se incluye en el análisis del IET Modificado (medio), ya que el PT por lo general es el nutriente limitante en aguas dulces, es necesario mantener un control de los vertidos nitrogenados teniendo en cuenta que los resultados del estudio realizado en 2008-2009 por Betancourt et al. (2010), muestran al nitrógeno como nutriente limitante del desarrollo fitoplanctónico en este embalse.

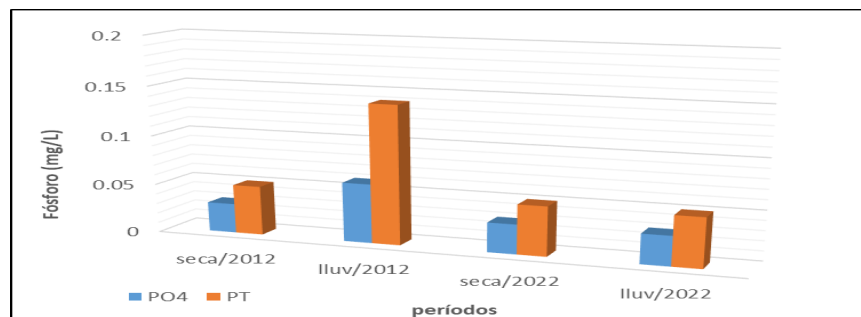
Fig 2: Resultados de concentraciones de las formas nitrogenadas analizadas en las aguas del embalse Abreus durante 2012 y 2022.



Fuente: Elaboración propia.

Tanto las concentraciones de ortofosfato como las de fósforo total muestran en 2012 el incremento durante el período lluvioso (Figura. 3). Sin embargo, en 2022 no fue posible identificar cambio alguno, ya que en ambos períodos climáticos los niveles resultaron inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada (Tabla 3). Las concentraciones de fósforo total obtenidas en 2012 muestran condiciones entre eutróficas e hipereutróficas según los criterios de la OCDE (1982), mientras que los valores de IET Modificado (PT) reflejaron cambios de mesotrofia a eutrofia del período seco al lluvioso. Sin embargo, en 2022 solo fue posible comprobar que los niveles no alcanzan el máximo estado de deterioro desde el punto de vista trófico (hipertrofia), ya que los límites de cuantificación de la técnica analítica resultaron elevados, lo cual limita una clasificación exacta del estado trófico hasta condiciones eutróficas.

Fig 3: Resultados de concentraciones de las formas de fósforo analizadas en las aguas del embalse Abreus durante 2012 y 2022.



Fuente: Elaboración propia.

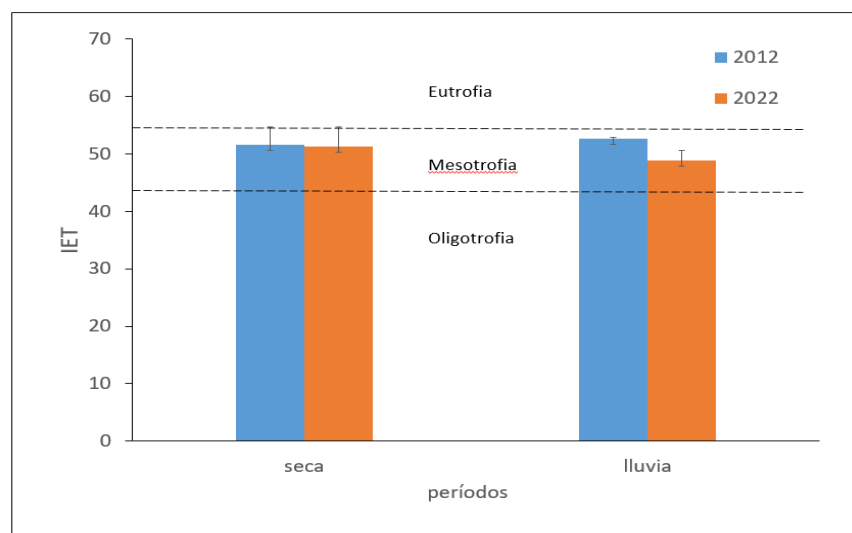
Durante 2012, los valores de transparencia obtenidos reflejan condiciones eutróficas de las aguas durante el período seco y condiciones mesotróficas en el período lluvioso según el criterio de la OCDE (1982); mientras que en el 2022 los resultados de ambos períodos muestran condiciones mesotróficas. Sin embargo, la clasificación obtenida mediante los valores de IET Modificado (DS) reflejan cambios de mesotrofia a oligotrofia, del período seco al lluvioso, tanto en 2012 como en 2022. Aun cuando la mejora mostrada durante el período lluvioso pudiera parecer contradictoria por esperarse mayor turbiedad durante las lluvias por el incremento en los arrastres desde la cuenca, la correlación significativa entre IET Modificado (DS) y IET Modificado (Clf a) obtenida por Betancourt et al. (2010) durante el período 2008-2009, muestran que la turbiedad del agua en este embalse se debe a la clorofila-a del fitoplancton.

Según el criterio de la OCDE (1982), los valores de clorofila-a reflejan condiciones mesotróficas en ambos períodos climáticos durante el 2012, obteniéndose mayor variabilidad en el lluvioso (Tabla 3). Sin embargo, durante el 2022 los valores promedio muestran condiciones oligotróficas en ambos períodos climáticos. Estos resultados están en correspondencia con los obtenidos mediante los IET Modificado (Clf a) y resultan ligeramente superiores a los reportados para el embalse Hanabanilla, importante fuente de abasto de la región central del país (Seisdedo & Díaz, 2021)

IET Modificado (medio)

La aplicación del criterio de Toledo et al. (1983) basado en el valor del índice de estado trófico muestra poco cambio luego de una década (Figura. 4). Durante el 2012, en ambos períodos climáticos los valores del índice resultan muy similares (51.6-52.6), a diferencia de los resultados de 2022, los cuales reflejaron igual condición trófica (mesotrofia) pero el valor medio obtenido durante el período lluvioso (48.8) resulta inferior al del período más seco (51.3).

Fig 4: Análisis comparativo del IET (medio) en las aguas del embalse Abreus durante 2012 y 2022.



Fuente: Elaboración propia.

El predominio de condiciones mesotróficas tanto en 2012 como en 2022, refleja una mejora de la calidad desde el punto de vista trófico respecto a los resultados del IET (medio), que son reportados por Betancourt et al. (2010) para el período 2008-2009 y que mostraron el predominio de condiciones eutróficas.

También, la obtención de los valores máximos de IET (medio) durante el período seco, refleja mayor deterioro en ese período respecto al período lluvioso, aunque la clasificación en ambos períodos climáticos fue mesotrófica. Esto está en correspondencia con los resultados del estudio de Betancourt et al. (2010) y pudiera estar relacionado con el movimiento o renovación más rápida del agua en el período lluvioso, lo que contribuye de forma favorable a la calidad de la misma, aun cuando ocurre un aporte superior desde la cuenca.

Considerando que los máximos valores del IET Modificado (medio) están muy cercanos al criterio de eutrofia, se requiere realizar acciones que contribuyan a una reducción significativa de las cargas de nutrientes incorporadas a este embalse,

ya que tanto el nitrógeno como el fósforo son variables causales del proceso de eutrofización. Este puede producir el crecimiento masivo del fitoplancton hasta la formación de florecimientos de cianobacterias tóxicas, además de afectar a la calidad del agua por aportes de materia orgánica.

Análisis del fitoplancton

Los resultados de composición y la abundancia de las especies tóxicas del fitoplancton están por debajo de los niveles de alarma o del rango de número de células que se reporta como florecimiento (Comas, 2022), tanto en 2012 como 2022. No obstante, la abundancia de fitoplancton fue menor en 2012 que en 2022 como se muestra en la Tabla 4 y un factor que pudo influir en esto fue la presencia de plantas acuáticas que cubren casi el espejo de agua.

Tabla 4: Media de los valores de abundancia de fitoplancton (105 cels.L-1)

2012	2022
0,8	3,4

Fuente: Elaboración propia.

En un estudio realizado en 2018 sobre las cianobacterias en este embalse, Valle et al. (2021) reporta mayor abundancia de este grupo durante el período lluvioso respecto al período seco, incluso la ocurrencia en septiembre de ese año, de florecimientos compuestos por los géneros *Microcystis* and *Raphidiopsis*. Esto refleja la importancia de conocer además de los aportes de nutrientes que recibe el acuatorio, otros aspectos relacionados con el manejo del embalse como el tiempo de residencia de las aguas. Según Betancourt et al. (2010), en el período lluvioso, el embalse Abreus puede tener una gran variación del tiempo de residencia, entre valores de 1296 días y 0.43 días, para un valor medio de 213 días, lo cual puede favorecer las condiciones para la ocurrencia de eventos de florecimientos en algunas áreas del embalse.

Al comparar las diatomeas (Bacillariophyceae) que suelen tener una amplia distribución en las aguas dulces, con los otros grupos predominantes (Tabla 5); se pudo evidenciar que están poco representadas debido a que son típicamente epipélicas y las muestras estudiadas fueron del plancton.

Tabla 5: Composición del fitoplancton en el embalse Abreus.

Especies	2012	2022
Bacillariophyceae		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Simonsen	X	X
<i>Cyclotella</i> sp.	X	X
Diatomeas pennales		X
<i>Navicula</i> sp.		X
<i>Ulnaria acus</i>	X	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Comp.	X	
Chlamydomonadales		
<i>Chlamydomonas</i> sp.	X	
<i>Eudorina elegans</i>	X	
<i>Gonium pectorale</i>	X	
<i>Pandorina morum</i>	X	
<i>Phacotus lenticularis</i>	X	X
Chlorophyceae s.l.		
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>subtile</i>	X	
<i>Acutodesmus acuminatus</i>	X	
<i>Ankistrodesmus</i> sp.		X
<i>Coelastrum indicum</i>	X	
<i>Crucigenia quadrata</i>	X	
<i>Crucigenia</i> sp.	X	
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	X	
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>	X	
<i>Desmodesmus</i> sp.	X	X
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	X	
<i>Dimorphococcus lunatus</i>	X	

Elakatotrix sp.		X
Golenkinia sp.	X	
Hariotina reticulata Dangeard	X	
Hindakia fallax (Kom.) Bock et al.	X	
Koliella sp.	X	
Monoraphidium caribeum	X	
Oocystis lacustris Chod.	X	
Pediastrum duplex	X	
Scenedesmus sp.		X
Selenastrum gracile	X	
Tetraedron minimum	X	
Treubaria triappendiculata	X	
Cryptophyceae		
Cryptomonas sp.	X	X
Rhodomonas minuta	X	
Chrysophyceae		
Dinobryon sociale	X	X
Cyanophyceae		
Closterium acutum	X	X
Chroococcus sp.	X	X
Anabaena sp.	X	X
Aphanocapsa sp.		X
Cylindrospermopsis gangetica	X	
Cuspidothrix tropicalis	X	
Dolichospermum sp.	X	
Merismopedia tenuissima	X	
Microcystis sp.	X	X
Pseudoanabaena catenata	X	
Pseudoanabaena minima	X	X
Rhaphydiopsis sp.		X
Spirulina sp.		X
Dinophyceae		
Ceratium hirundinella f. furcoides Schröd.	X	
Glenodinium sp.	X	
Peridinium sp.	X	X
Euglenophyceae		
Phacus sp.		X
Lepocinclis sp.	X	X
Strombomonas sp.	X	X
Trachelomonas sp.	X	
Zygnemaphyceae		
Closterium acutum var. variabile	X	X

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La comparación de estado trófico de las aguas del embalse Abreus mediante la aplicación del IET Modificado (medio), mostró poco cambio luego de una década y el predominio de condiciones mesotróficas. Sin embargo, es necesario realizar acciones que contribuyan a una reducción significativa de las cargas de nutrientes incorporadas a este embalse, considerando que los máximos valores del índice estuvieron muy cercanos al criterio de eutrofia.

El análisis estacional refleja durante el período lluvioso un menor deterioro del estado trófico, aunque este no está exento de eventos de florecimientos algales o cianobacteriales por la alta variación en los tiempos de renovación del embalse.

Aunque no se registran eventos de florecimiento algales o cianobacteriales durante los dos años analizados, existen reportes que evidencian la ocurrencia de algunos de estos eventos en otros años de la década 2012-2022, lo cual refleja la necesidad de mantener la vigilancia de estos eventos en este embalse.

Agradecimientos

Se agradece a los técnicos y especialistas del Laboratorio de Ensayos Ambientales del CEAC por su colaboración en los muestreos y ensayos analíticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (2017). Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 23th Edition, 210 pp. <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf>
- Betancourt, C., Suárez, R., & Toledo, L. (2010). Variabilidad iónica y características tróficas del embalse de Abreus, Cuba. *Limnetica*, 29 (2), 341-352. <https://www.limnetica.net/en/variabilidad-i%C3%B3nica-y-caracter%C3%ADsticas-tr%C3%B3ficas-del-embalse-de-abreus-cuba>
- Comas, A. A. (2022). Cianobacterias formadoras de florecimientos en aguas dulces de Cuba. Editorial IDICT. <https://cinfo.idict.cu>
- Comas, A. A., Uriza, S. & Toledo, L. (2022). Catálogo ilustrado de las cianoprocaritas y microalgas dulciacuícolas de cuba. Editorial IDICT. <https://cinfo.idict.cu>
- García-López, B. C., & Valdés-López, A. (2021). Caracterización de las fuentes de abasto de agua del municipio de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 463-472. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1986/1977>
- Kumar, M., Shekharb, A., & Jenifer, M. A. (2020) Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index. *Water Research*, 179(5). <https://sci-hub.se/downloads/2020-05-04/17/10.1016@j.watres.2020.115867.pdf>
- Lynch, J. M., & Poole, N. J. (1979). Microbial ecology: A conceptual approach. New York, USA: John Wiley & Sons. <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.4319/lo.1980.25.3.0580a>
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) (1982). The OCDE Listo Social Indicators, Paris.
- ONN (Oficina Nacional de Normalización) (2014). NC. 1021. Higiene Comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección Sanitaria. Oficina Nacional de Normalización, Cuba. <https://www.nconline.disaic.cu>
- Seisdedo, M., & Díaz, M. (2021). Influence of environmental processes on indicators of water quality in the Hanabanilla reservoir, Cuba. *Panamerican Journal of Aquatic Sciences*, 16 (3), 219-230. [http://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_16\(3\)_219-230.pdf](http://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_16(3)_219-230.pdf)
- Serruya, C., & Pollinger, U. (1983). Lakes of the warm belt. Cambridge University Press. Cambridge. 569 pp. <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.4319/lo.1985.30.4.0916>
- Toledo, A. P., Talarico, M., Chinez, S. J., & Agudo, E. G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Camboriú, 57 pp.
- Valle Pombrol, A., Comas-González, A., Castro-Rodríguez, D., García-Moya, A., & Wilson, A. (2021). Planktonic cyanobacteria from the Abreus Reservoir, Cienfuegos, Cuba. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 16(1), 20-29. https://panamjas.org/artigos.php?id_publici=242
- Valle Pombrol, A., Moreira-González, A. R., Domínguez-Pérez, D., Comas-González, A., Silva, J. M., Moreira, C., Campos, A., Vasconcelos, V. (2022). Non-specific cyanobacteria bloom and microcystin detection in Abreu's reservoir, Cienfuegos, Cuba. *MOL2NET, 2022*. Conference on Molecular, Biomedical & Computational Sciences and Engineering, 8th ed. <https://sciforum.net/event/mol2net-07>