

# 14

Fecha de presentación: diciembre, 2022

Fecha de aceptación: febrero, 2023

Fecha de publicación: abril, 2023

## EVALUACIÓN

DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA ARIMAO, CIENFUEGOS

### ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE ARIMAO BASIN, CIENFUEGOS

Mabel Seisdedo Losa<sup>1</sup>

E-mail: [mabel@gestion.ceac.cu](mailto:mabel@gestion.ceac.cu)

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

Augusto Abilio González<sup>1</sup>

E-mail: [augusto@gestion.ceac.cu](mailto:augusto@gestion.ceac.cu)

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

Víctor Manuel Navarro Falcón<sup>1</sup>

E-mail: [victor@gestion.ceac.cu](mailto:victor@gestion.ceac.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4288-9947>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Cuba.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Seisdedo Losa, M., Abilio González, A., & Navarro Falcón, V. M. (2023). Evaluación de la calidad de las aguas en la cuenca Arimao, Cienfuegos. *Universidad y Sociedad*, 15(S1), 155-163.

#### RESUMEN

El estudio de la calidad de las aguas es un aspecto importante en el proceso de gestión ambiental, toda vez que permite identificar los procesos y contaminantes que la afectan. En esta investigación se determinó un grupo de indicadores ambientales que incluyeron un Índice de Calidad de las Aguas y clorofila-a, para identificar cambios generados por acciones de conservación de los suelos y buenas prácticas agrícolas acometidas en la cuenca Arimao. Se consideró el enfoque de manejo integrado de cuencas y áreas costeras en la aplicación de los indicadores seleccionados y se realizó un análisis comparativo entre dos campañas realizadas en 2019 y 2021. Los resultados mostraron la utilidad de los indicadores seleccionados para evaluar la influencia de las buenas prácticas agrícolas en la calidad de las aguas superficiales y costeras de la cuenca. Se constató un cambio favorable, que fue más notable en la zona costera, ya que la calidad del agua mostró una variación de mediocre a moderada. Además, los niveles de clorofila-a se redujeron ligeramente, reflejando igualmente la influencia positiva de las acciones en la cuenca Arimao.

**Palabras clave:** índice, buenas prácticas agrícolas, calidad de agua, gestión

#### ABSTRACT

The study of water quality is an important aspect in the environmental management process, since it allows the identification of the processes and pollutants that affect it including a Water Quality Index and chlorophyll-a, to identify changes generated by soil conservation actions and good agricultural practices undertaken in the Arimao basin. The integrated management approach of basins and coastal areas was considered in the application of the selected indicators and a comparative analysis was carried out between two campaigns carried out in 2019 and 2021. The results showed the usefulness of the selected indicators to evaluate the influence of good practices. agriculture on the quality of surface and coastal waters of the basin. A favorable change was found that was more remarkable in the coastal zone, since the water quality showed a variation from mediocre to moderate. Besides, the chlorophyll-a levels were slightly reduced, reflecting the positive influence of the actions undertaken in the Arimao basin.

**Keywords:** index, and good agricultural practices, water quality, management

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural que tiene un papel importante en casi todos los procesos y ciclos naturales del planeta. Sin embargo, se reconoce que los cuerpos de agua superficiales, en su gran mayoría, presentan una alteración en su calidad por las descargas que reciben de las actividades antropogénicas (Flores, 2013). Por ello, la gestión de estos recursos debe estar basado en estudios de la calidad del agua, ya que estos permiten definir valores máximos tolerables de concentraciones de contaminantes que posibiliten al ser humano continuar aprovechando el agua para diferentes usos, tales como: el abasto, el riego, acuícola, entre otros.

Los ríos tienen una enorme importancia por conectar las cuencas terrestres con el mar. Además de agua, transportan sales, sedimentos y organismos, y las complejas reacciones químicas y biológicas que se producen en los cauces fluviales son responsables en parte de las características químicas del agua retenida en los grandes reservorios, como lagos y océanos (Miravet et al., 2016). Esto muestra que es necesario considerar el enfoque de manejo de cuencas y áreas costeras (MICAC), en la implementación de herramientas científicas que contribuyan de forma eficaz a la gestión ambiental de los recursos acuáticos.

Los indicadores ambientales, además de evaluar el estado de factores medioambientales, se consideran herramientas científicas muy útiles para la toma de decisiones sobre los problemas ambientales (Seisdedo et al., 2021). En el marco del proyecto regional IWEco. cuba cuba, se implementaron un conjunto de acciones relacionadas con la conservación de los suelos, así como buenas prácticas agrícolas, en aras de contribuir a la conservación de biodiversidad de la cuenca Arimao desde el enfoque de MICAC. Desde el inicio del proyecto, se consideró necesaria la selección de indicadores adecuados para el monitoreo de las aguas en función de poder evaluar los cambios generados por las acciones de intervención, mediante el análisis comparativo de sus resultados en dos campañas (inicio y fin del proyecto).

Entre las herramientas utilizadas para identificar signos de contaminación de manera comprensiva y sintetizar diversos análisis (físicos, químicos, biológicos, tóxicos, entre otros) se encuentran los índices de calidad de las aguas (ICA), conocidos como sistemas de indicadores. Existen algunas propuestas con aplicaciones en Cuba y en otros países, para aguas superficiales y costeras (Thi, 2011; Gutiérrez & García, 2014; Seisdedo et al., 2017; Seisdedo et al., 2021); sin embargo, su uso ha sido limitado para el abordaje de procesos que requieren el enfoque MICAC.

Incluso la propuesta de Gutiérrez & García (2014), al no tener incluido el análisis de nutrientes, no resulta eficaz para la identificación de cambios relacionados con la eutrofización de las aguas (Seisdedo et al., 2017), aun cuando se reconoce que esta es una problemática ambiental a nivel mundial (Cook et al., 2010). Por ello, el objetivo de este estudio es evaluar la calidad de las aguas fluviales y costeras de la cuenca Arimao basado en un conjunto de indicadores ambientales seleccionados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La cuenca del río Arimao y la zona costera de influencia incluye espacios físico-geográficos entre las provincias Cienfuegos y Villa Clara. El río Arimao nace en el Hoyo de Manicaragua, alturas de Santa Clara, al noreste del pueblo de Manicaragua, en los 22° 09' latitud norte y los 79° 57' longitud oeste, a 240 m de altitud. En su trayecto, un brazo del río entra en laguna Guanaroca. Su desembocadura principal tributa al mar Caribe a 22° 02' latitud norte y 80° 24' longitud oeste. El río cruza los municipios Manicaragua, Cumanayagua y Cienfuegos. Su longitud es de 82,6 km; el área, 994,5 km<sup>2</sup> y el gasto de agua, 18,4 m<sup>3</sup>/s. Los suelos sobresalen por su elevada fertilidad: arenosos en el valle del río Arimao y ferralíticos pardos rojizos en la parte sur (Hernández, 2016). La base económica de mayor peso es la agricultura y el renglón principal, la ganadería. Le siguen el cultivo de café y de cítricos.

En la zona costera con influencia de la cuenca, las corrientes marinas pueden catalogarse como débiles de marea y se mueven con velocidades medias de 0,108 km/h (0,03 m/s) en una trayectoria este-sureste hacia el oeste-noroeste. Los principales usos del área costera estudiada son el turístico-recreativo y la pesca recreativa (Jiménez, 2018).

Además, en esta área influyen dos períodos estacionales muy bien marcados: lluvioso (de mayo a octubre) y seco (de noviembre a abril).

### Selección de indicadores

Para la selección de los indicadores ambientales se llevó a cabo una primera etapa de tipo cualitativa, la cual consistió en la búsqueda de información en función de identificar las propuestas. En la siguiente etapa, de tipo confirmatoria, los criterios de un grupo de expertos de alta competencia fueron considerados, en aras de evaluar las propuestas mediante herramientas de análisis cuantitativo.

Se consideró que el número óptimo de expertos para valorar los indicadores propuestos, podía oscilar entre 15 y 25 (García, 2013).

Para evaluar la competencia de los expertos propuestos se confeccionó un cuestionario de autoevaluación, en la que se consideraron los datos personales, su disposición para la cooperación y el dominio técnico en los siguientes temas:

Gestión Ambiental.

Monitoreo Ambiental.

Indicadores Ambientales.

El coeficiente de conocimiento o información del experto acerca del tema de investigación, se calculó sobre la base de la valoración del propio experto en una escala de 1 a 10 y multiplicado por 0,1. Por su parte, el coeficiente de argumentación de los expertos se determinó como resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de una tabla patrón (Tabla 1) que pondera la importancia de determinados aspectos del conocimiento con un rango de puntuación determinado, la cual fue propuesta por García (2013).

Tabla 1. Aspectos del conocimiento considerados para el coeficiente de argumentación

No.	Criterio a calificar	Alto	Medio	Bajo
1	Investigaciones experimentales o teóricas como parte de proyectos de investigación relacionados con la gestión ambiental, el monitoreo ambiental y los indicadores ambientales.	0,3	0,2	0,1
2	Experiencia profesional (pregrado y postgrado recibido y/o impartido) en alguna de las áreas antes señaladas	0,4	0,3	0,2
3	Participación en eventos internacionales y nacionales con trabajos en las áreas antes señaladas	0,2	0,1	0,05
4	Nivel de actualización científica en los temas señalados.	0,07	0,07	0,07
5	Categoría científica y/o docente del experto	0,03	0,03	0,03

El coeficiente de competencia individual (K) se calculó por la siguiente expresión: Fórmula 1

$$K = \frac{K_c + K_a}{2} \quad (1)$$

Donde:

Kc: Es el coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, el cual es calculado sobre la base de la valoración del propio experto en una escala de 1 a 10 y multiplicado por 0,1 de modo que:

- El valor 0,1 indica absoluto desconocimiento de la problemática que se evalúa.
- El valor 1 indica pleno conocimiento de la referida problemática.

Ka: Es el coeficiente de argumentación

Con la utilización de los valores máximos posibles para cada estimación de competencia que aparecen en la tabla patrón, se determinó el valor de Ka para cada experto de acuerdo a las evidencias, luego se determinó el coeficiente de competencia individual (K), considerando también el coeficiente de información Kc de cada experto. La selección final de los expertos se realizó de acuerdo a los siguientes criterios de interpretación del coeficiente de competencia (K):

- Si  $0,8 \leq k \leq 1,0$ , el coeficiente de competencia es alto.
- Si  $0,5 \leq k < 0,8$ , el coeficiente de competencia es medio.

• Si  $k < 0,5$ , el coeficiente de competencia es bajo.

Los resultados se muestran en la tabla 2, expuesta a continuación.

Tabla 2. Resultados de la evaluación de la competencia de los expertos propuestos

No. Expertos	Kc	Ka	K	Competencia
1	0,57	0,70	0,63	Media
2	0,87	1,00	0,93	Alta
3	0,63	1,00	0,82	Alta
4	0,83	1,00	0,92	Alta
5	0,83	1,00	0,92	Alta
6	0,70	1,00	0,85	Alta
7	0,97	1,00	0,98	Alta
8	0,40	0,50	0,45	Baja
9	0,87	1,00	0,93	Alta
10	0,87	1,00	0,93	Alta
11	0,83	0,90	0,87	Alta
12	0,87	1,00	0,93	Alta
13	0,97	1,00	0,98	Alta
14	0,77	1,00	0,88	Alta
15	0,97	1,00	0,98	Alta
16	0,90	1,00	0,95	Alta
17	0,80	1,00	0,90	Alta
18	0,77	1,00	0,88	Alta
19	0,73	0,90	0,82	Alta

Fuente: los autores

Para la selección final de los expertos se consideró un alto coeficiente de competencia y esto arrojó un grupo final de 17 expertos de 6 entidades científicas cubanas, lo cual dio como resultado un  $K_p$  grupal igual a 0,91.

El grupo de expertos seleccionados evaluó mediante cuestionarios la calidad y adecuación de los indicadores

basado en diferentes categorías. Se consideró para la selección los resultados de calidad ( $\geq 7$ , de una escala de 1 al 10), como los de adecuación ( $\geq 4$ , de 5 categorías).

*Muestreo y análisis*

Para la realización de los muestreos, preservación y análisis de muestras, se consideró el protocolo desarrollado por Seisdedo et al., (2022) que detalla dichos aspectos y además se abordan los cálculos para determinar los índices de calidad de las aguas (ICA) basados en el método propuesto por CCME (2001) y teniendo en cuenta los criterios establecidos en NC. 25 (ONN,1999) para los indicadores seleccionados.

Se realizó la colecta de cuatro muestras, tanto para aguas superficiales como para las costeras. Los cuatro puntos seleccionados para la colecta de las aguas superficiales, se distribuyeron por el río Arimao desde aguas abajo de la Finca Guasimal, en Guaos, la principal área de intervención en esta cuenca, hasta puntos accesibles cerca de sus dos desembocaduras: en el litoral oriental de la provincia de Cienfuegos y en la Laguna Guanaroca. Por su parte, los cuatro puntos en la zona costera se ubicaron desde la zona estuarina próxima a la desembocadura del río hasta hasta 1 Km, en el sentido de las corrientes marinas (Figura 1).

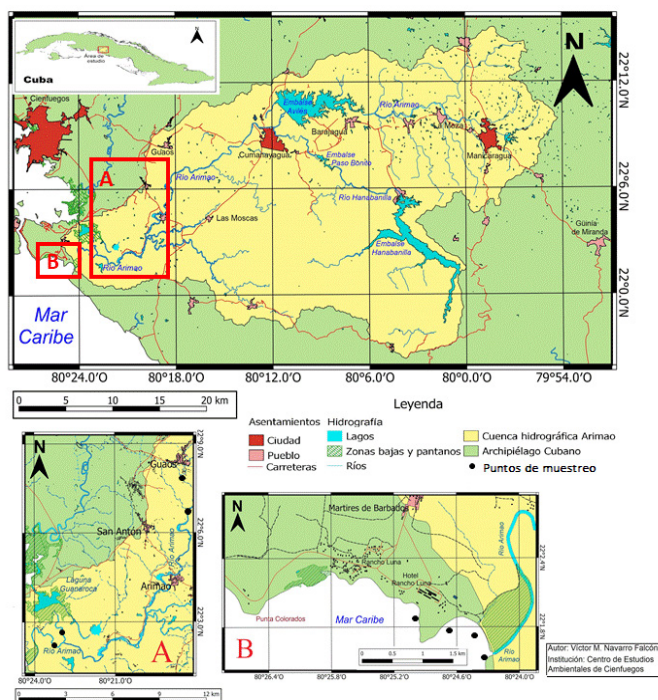


Figura 1. Área de estudio y red de muestreo en la cuenca Arimao y zona costera de influencia

Fuente: los autores

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), en julio de 2019 y en mayo de 2021. Ambas campañas se llevaron a cabo durante meses del período lluvioso y representaron dos etapas del proyecto (inicio y acciones avanzadas o final del proyecto).

ParalatomademuñstrasdeaguaseutilizóunabotellaNiskin de 5 L de capacidad. Las colectas se realizaron en el nivel superficial y se determinaron en el campo los ensayos in situ: pH y oxígeno disuelto (OD). Para los restantes ensayos se requirió conservar las muestras en frío hasta su análisis en el Laboratorio de Ensayos Ambientales del CEAC. El pH se determinó con un pH-metro digital marca HANNA y el oxígeno disuelto (OD) se analizó por el método de Winkler. Para los análisis de nitrato (N-NO<sub>3</sub>-), el amonio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y el ortofosfato disuelto (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) se usaron métodos espectrofotométricos (APHA, 2017). La DBO<sub>5</sub>, se determinó por el método de incubación a 20° C durante 5 días, los sólidos suspendidos totales (SST) se analizaron mediante gravimetría y los coliformes termotolerantes (CTT) por el método de tubos múltiples.

Teniendo en cuenta la relación de la clorofila-a con el estado trófico de las aguas, un grupo de expertos de alta competencia participante en el proyecto, propuso la evaluación de este indicador, que se determinó por el método fluorimétrico usando extracción con metanol (APHA, 2017).

Basado en la concentración de clorofila-a, se utilizó para la evaluación de la calidad de las aguas fluviales, el sistema de clasificación trófica propuesto por OCDE (1982), el cual es válido tanto para valores medios en superficie como para las concentraciones medias en la capa fótica (Tabla 3).

Tabla 3. Sistema de clasificación trófica basada en la concentración de clorofila-a.

Clasificación	Clorofila-a (µg/L)	
	Promedio anual	Máximo anual
Ultra-oligotrófico	<1,0	<2,5
Oligotrófico	<2,5	<8,0
Mesotrófico	2,5-8,0	8,0-25
Eutrófico	8,0-25	25-75
Hipereutrófico	>25	>75

Fuente: los autores

Se consideró para las aguas costeras, la propuesta de clasificación del estado trófico de Contreras et al., (1994), que también se basa en los intervalos de este indicador.

Tabla 4. Propuesta de clasificación del estado trófico.

Ampliación propuesta para los niveles tróficos				
Categorías	Intervalo en la conc. de clor.		Índice trófico	
Ultraoligotrófico	0.000	0.122	0	9
α Oligotrófico	0.123	0.340	10	19
β Oligotrófico	0.350	0.940	20	29
γ Oligotrófico	0.950	2.600	30	39
α Mesotrófico	2.700	7.200	40	49
β Mesotrófico	7.300	20.000	50	59
α Eutrófico	21.000	55.000	60	69
β Eutrófico	56.000	155.000	70	79
γ Eutrófico	156.000	425.000	80	89
Hipereutrófico	> 426.000		> 90	

Fuente: adaptado de Contreras et al., (1994)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto los resultados de calidad ( $\geq 7$ , de una escala de 1al 10), como los de adecuación (Muy adecuados, de 5 categorías) mostraron como apropiados para medir el progreso, los siguientes indicadores ambientales:

### Para Calidad de agua fluvial

- Índice de Calidad de Agua fluvial (pH, OD, DBO<sub>5</sub>, CTT, SST, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). (\*)

- Concentración de Clorofila-a en agua fluvial

### Para Calidad de agua costera

- Índice de Calidad de Agua costera (pH, OD, DBO<sub>5</sub>, CTT, SST, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). (\*)

- Concentración de Clorofila-a en agua fluvial

(\*) Se consideró los parámetros básicos y la expresión del ICA propuesta por Ávila (2011), la cual fue conciliada por expertos de la región de Latinoamérica y el Caribe. Esta propuesta de ICA se adaptó al contexto cubano mediante el uso de los criterios normados tanto para aguas dulce y costera establecidos en la NC.25 (ONN, 1999).

Los resultados obtenidos en la campaña de inicio (Tablas 5 y 6), mostraron algunos signos de deterioro, tanto para la calidad de aguas fluviales como para las costeras.

En cuanto a las aguas del río Arimao, los mayores signos de deterioro se obtuvieron en el punto R2, donde confluyen las aguas de escorrentías de la Finca Guasimal y las que recogen parte de los residuales de la comunidad de Guaos. De los indicadores evaluados, los coliformes termotolerantes y la DBO5 fueron los que más incidieron en el resultado de la calidad del agua, aunque también el OD y el ortofosfato mostraron desviaciones de los criterios normados en ONN (1999). Esto indica la influencia de los albañales de las comunidades aledañas en la calidad de las aguas del río, el cual fue un aspecto señalado en otro estudio realizado en la parte alta de esta cuenca (Seisdedo et al., 2017).

Tabla 5. Resultados de los parámetros del ICA evaluados en los 4 puntos analizados (R1-4) en el río Arimao (Campaña de 2019).

Parámetros	Unidad	R1	R2	R3	R4	Criterio
pH	u	7,8	7,9	7,1	8,0	6,5-8,5
OD	mg/L	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	8,3	6,3	> 5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2,9	<b>5,7</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	< 3
P-PO <sub>4</sub>	mg/L	0,05	<b>0,5</b>	<0,05	<0,05	< 0,1
N-NH <sub>4</sub>	mg/L	0,01	0,8	0,03	0,03	< 1,0
N-NO <sub>3</sub>	mg/L	0,10	2,3	1,5	1,5	< 10
SST	mg/L	9,2	10,7	35,2	15,2	< 100
CTT	NMP/100mL	220	<b>1600</b>	<b>1600</b>	<b>900</b>	< 600

Fuente: los autores

Tabla 6. Resultados de los parámetros del ICA evaluados en los 4 puntos analizados (C1-4) en las aguas costeras con influencia de la cuenca Arimao (Campaña de 2019)

Parámetros	Unidad	C1	C2	C3	C4	Criterio
pH	u	8,0	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>	<b>8,4</b>	8,1-8,3
OD	mg/L	8,2	8,3	9,7	8,7	> 5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	< 1
P-PO <sub>4</sub>	mg/L	<b>0,06</b>	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05
N-NH <sub>4</sub>	mg/L	<b>0,03</b>	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,03
N-NO <sub>3</sub>	mg/L	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	< 0,01
SST	mg/L	49,5	26,8	16,6	15,2	< 100
CTT	NMP/100mL	540	130	22	33	< 700

Fuente: los autores

Respecto a las aguas costeras, el punto C1 con mayor carácter estuarino por la influencia directa del río Arimao, mostró los mayores signos de deterioro vinculado con los altos niveles de materia orgánica y de los nutrientes en general. No obstante, vale señalar que en todos los puntos se presentaron niveles de DBO5 y de nitrato superiores a los criterios de buena calidad de la NC.25 (ONN, 1999).

En la primera campaña de monitoreo las evaluaciones obtenidas de los índices reflejaron calidad Media para el agua fluvial y calidad Mediocre para el agua costera (Figura 2). Ello reflejó una mayor afectación de la biota costera, asociado a criterios de calidad más rigurosos establecidos en la norma utilizada, así como a la influencia de los aportes de contaminantes del río, esto último también reportado en otros estudios (Montalvo et al., 2017; Seisdedo et al., 2022).

Los resultados obtenidos en la campaña de 2021 (Tablas 7 y 8), reflejan de igual forma, algunos signos de deterioro, tanto para la calidad de aguas fluviales como para las costeras, pero en menor medida.

Tabla 7. Resultados de los parámetros del ICA evaluados en los 4 puntos analizados (R1-4) en el río Arimao (Campaña de 2021)

Parámetros	Unidad	R1	R2	R3	R4	Criterio
pH	u	7,8	7,9	7,1	7,9	6,5-8,5
OD	mg/L	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	8,6	8,2	> 5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2,86	<b>5,4</b>	<b>3,4</b>	2,86	< 3
P-PO <sub>4</sub>	mg/L	0,05	<b>0,80</b>	<b>0,13</b>	<b>0,14</b>	< 0,1
N-NH <sub>4</sub>	mg/L	0,01	0,18	0,03	0,02	< 1,0
N-NO <sub>3</sub>	mg/L	0,01	0,46	0,31	0,27	< 10
SST	mg/L	9,20	12,2	18,3	14,8	< 100
CTT	NMP/100mL	220	350	50	50	< 600

Fuente: los autores

En cuanto a las aguas del río Arimao, el punto con mayores afectaciones continuó siendo el punto R2. De los indicadores analizados en el ICA, el ortofosfato, la DBO5 y el OD fueron los que más incidieron en el resultado de la calidad del agua, por presentar concentraciones superiores a los criterios de la norma cubana NC.25 (ONN, 1999).

Respecto a las aguas costeras, el punto C1 mostró el valor máximo de DBO5, único indicador del ICA con concentraciones superiores al criterio normado en la NC.25 (ONN, 1999). No obstante, al comparar con los resultados de la primera campaña, se evidenció una reducción de los signos deterioro.

Tabla 8. Resultados de los parámetros del ICA evaluados en los 4 puntos analizados (C1-4) en las aguas costeras (Campaña de 2021)

Parámetros	Unidad	C1	C2	C3	C4	Criterio
pH	u	7,0	7,5	7,7	7,6	8,1-8,3
OD	mg/L	8,4	8,6	8,3	9,1	> 5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	1,0	< 1
P-PO <sub>4</sub>	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
N-NH <sub>4</sub>	mg/L	0,0217	0,01	0,01	0,015	< 0,03
N-NO <sub>3</sub>	mg/L	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SST	mg/L	23,6	20,2	24,6	27,1	< 100
CTT	NMP/100mL	350	2	2	4	< 700

Fuente: los autores

De forma general, se constató un cambio favorable tanto en la calidad de agua fluvial como en la costera (Figura 2). Esto fue más notable en la zona costera y sugiere una influencia positiva de las acciones acometidas en la cuenca Arimao, todas ellas relacionadas con buenas prácticas agrícolas y conservación de los suelos. En un estudio similar realizado en la cuenca Guanabo (Pérez et al., 2022) también se puso apreciar un cambio ligeramente favorable en la zona costera, aun cuando la evaluación de la calidad del agua mostró la clasificación de mediocre.

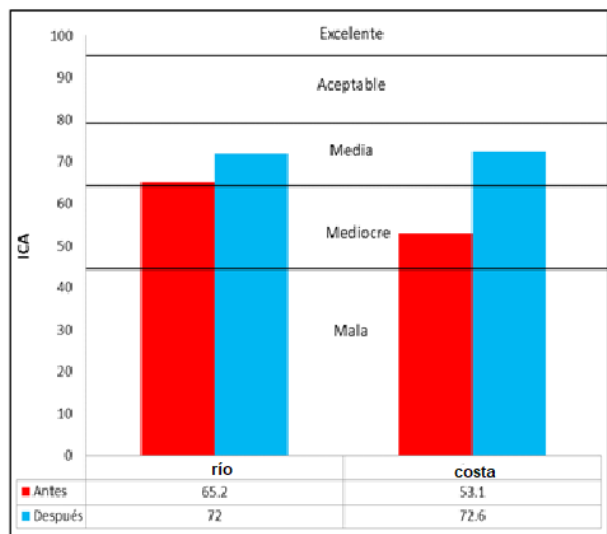


Figura 2. Comparación de los resultados de los ICA para las aguas de río Arimao y su zona costera de influencia (entre ambas campañas).

Fuente: los autores

Por otra parte, la concentración de la clorofila-a mostró una variación entre 0,16-1,42 µg/L (Figura 3). Las medias aritméticas fueron 0,7 µg/L y 0,8 µg/L para la primera y última campaña respectivamente. Estas reflejaron condiciones entre ultraoligotróficas-oligotróficas según OCDE (1982). Además, las concentraciones medias resultaron ligeramente inferiores a las obtenidas en el embalse Hanabanilla (0,95-1,5 µg/L), localizado en esta cuenca (Seisdedo & Díaz, 2021).

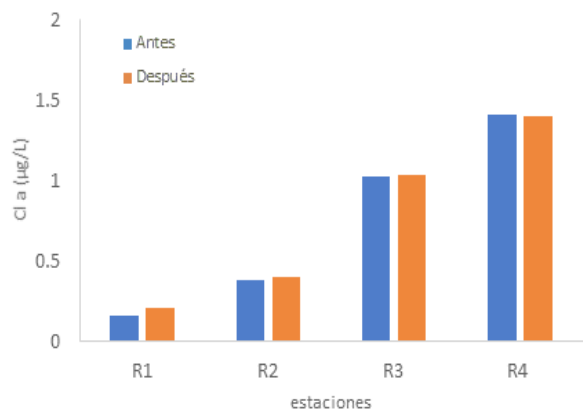


Figura 3. Resultados de concentraciones de clorofila-a en las aguas de río Arimao, en las dos campañas analizadas.

Fuente: los autores

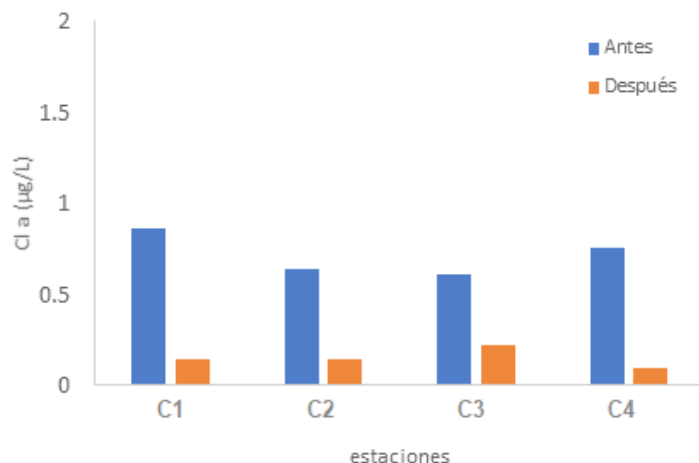


Figura 4. Resultados de concentraciones de clorofila-a en las aguas de zona costera de influencia de la cuenca Arimao, en las dos campañas analizadas.

Fuente: los autores

En cuanto a los resultados de clorofila-a obtenidos para las aguas costeras, en la primera campaña, estos variaron desde 0,61 µg/L hasta 0,86 µg/L, con un valor medio de 0,72 µg/L, lo cual reflejó condiciones β- oligotróficas. Sin embargo, durante la última campaña la variación fue entre 0,1 µg/L y 0,22 µg/L (Figura 4), y el valor medio obtenido fue 0,15 µg/L, reflejando condiciones α oligotróficas. El punto más próximo a la desembocadura del río Arimao mostró el valor máximo durante la primera campaña, no siendo así durante la segunda campaña. No obstante, de forma general, predominaron condiciones oligotróficas, similares a las evaluaciones del estado trófico reportadas en un estudio previo (Seisdedo et al., 2010). También, se pudo constatar un ligero cambio positivo, en correspondencia con los resultados del ICA.

**CONCLUSIONES:**

Se demostró la utilidad del índice de calidad del agua para el análisis de la influencia de las acciones de intervención del proyecto IWEco.cuba, sobre las aguas superficiales y costeras de la cuenca Arimao, toda vez que los resultados mostraron cambios favorables que fueron más notables en la zona costera.

Aunque los niveles de clorofila-a fueron representativos de condiciones oligotróficas tanto en aguas fluviales como costeras, sus valores se redujeron ligeramente reflejando la influencia positiva de las acciones en el estado trófico de las aguas.



Los mayores signos de deterioro se identificaron en el punto del río donde confluyen las aguas de escorrentías de la Finca Guasimal y las que recogen parte de los residuales de la comunidad de Guaos; mientras que en la zona costera correspondió al punto más próximo a la desembocadura del río Arimao.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- APHA (2017). Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 23th Edition.
- Ávila, P., Cicerone, D., Da Costa, D., & Bedregal, P. S. (2011). Propuesta de un Índice de Calidad de Agua para la Región de Latinoamérica y el Caribe. Proyecto RLA/1/010. Agencia Internacional de Energía Atómica, Lima, 179p
- CCME (2001). Recommendations canadiennes pour la qualité des eaux: Indice de qualité des eaux du CCME 1.0. Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001
- Contreras, F., Castañeda, O., & García, A. (1994). La clorofila *a* como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nac. Autón.*, México, 21(1-2), 55-66.
- Cook, P. L., Holland, D. P., & Longmore, A. R. (2010). Effect of a food event on the dynamics of phytoplankton and biogeochemistry in a large temperate Australian lagoon. *Limnology and Oceanography*. 55(3), 1123-1133.
- Flores, J. (2013) Propuesta de índice de calidad de agua residual utilizando un modelo aritmético ponderado. *Interciencia*, 38(2), 145-149.
- García, D. (2013). Metodología de gestión ambiental para agroecosistemas con probables riesgos a la salud por presencia de contaminación química. Tesis doctoral, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas.
- Gutiérrez, J. B., & García, J. M. (2014) Resumen metodológico: Un índice para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales en cuencas hidrográficas (ICA sp 2014). Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, Cuba.
- Hernández, A. (2016). Diccionario geográfico de Cienfuegos. Editorial Universo Sur, Cienfuegos.
- Jiménez, R. (2018). Prácticas de pesca en comunidades costeras de Cienfuegos: diferencias, problemáticas y retos ante los cambios medioambientales y sociales de las últimas décadas. *Universidad y Sociedad*, 10(3), Epub 01-Jun-2018
- Miravet, B., García, A., López, P., Alayón, G., & Salinas, E. (2016). Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37 (2), 108-122.
- Montalvo, J. F., López-García, D. B., Perigó, E., & Blanco, M. (2017). Nitrógeno y fósforo en las aguas del Golfo de Batabanó, Cuba, entre los años 1999 y 2000. *Serie Oceanológica*, 16, 35-44.
- OCDE (1982). Eutrophication of waters. Monitoring assessment and control. OCDE, París, 154 p
- ONN (Oficina Nacional de Normalización) (1999). NC 25. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. Ciudad de La Habana.
- Pérez, M., Gómez, Y., & Martínez, M. (2022) Evaluación de indicadores ambientales en la cuenca Guanabo y su zona costera de influencia 2021-2022. Informe de proyecto IWEco.cuba. Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte, 27p
- 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
- Seisdedo, M., Moreira, A. R., Arencibia, G., & Pérez, I. (2010). Análisis comparativo del estado trófico de las aguas en la costa oriental de la provincia de Cienfuegos, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 31(2), 124-130.
- Seisdedo, M., Díaz, M., Barcia, S., & 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*. Julio-diciembre, 34 (2), 60-67
- Seisdedo, M., Moreira, A. R., Valle, A., Comas, A., & Barcia, S. (2021). Influence of the drought period 2014-2017 on the water quality and occurrence of harmful algal blooms in Cienfuegos bay, Cuba. *Panamerican Journal of Aquatic Sciences*, 16 (1), 5-19
- Seisdedo, M., Moreira, A. R., & Carles, D. (2022). Assessment of water quality with emphasis on trophic status in bathing areas from the central-southern coast of Cuba. *Ocean and Coastal Research*, v70:e22019. <http://doi.org/10.1590/2675-2824070.21096msl>
- Seisdedo, M., Pérez, M. & Beltrán J. (2022). Protocolo: Herramienta de evaluación de la calidad de las aguas. Editorial IDICT. La Habana, 50p
- Thi, M. (2011). Development of Water Quality Indexes to Identify Pollutants in Vietnam's Surface Water. *Journal of Environmental Engineering*, 137(4), 273-283