

ARTICULO ORIGINAL

Evaluación de la calidad del agua marina en el Parque Nacional Caguanes, Sancti Spiritus, Cuba

Marine water quality assessment of Caguanes National Park, Sancti Spiritus, Cuba

Idania Hernández Ramos ^{1*}

Daily Y. Borroto Escuela ¹

Marilys Castro Castillo ¹

José A. Caraballo Yera ¹

Armando Falcón Méndez ¹

¹ Parque Nacional Caguanes, CSA-SS, CITMA, Vitoria, Yaguajay, Sancti Spiritus, Cuba.

* Autor para correspondencia:
idaniahr1972@gmail.com

 OPEN ACCESS

Distribuido bajo:
Creative Commons CC-BY 4.0

Editor:
Ana María Suárez
Centro de Investigaciones Marinas,
Universidad de La Habana.

Recibido: 12.11.2020

Aceptado: 18.3.2021

Resumen

La investigación se realizó en el área marina del Parque Nacional Caguanes (PNC). El objetivo principal fue la evaluación de la calidad del agua, a partir del monitoreo sistemático en el área marina y la determinación de indicadores abióticos tales como: salinidad, pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO). Los resultados demuestran que, a pesar de ser evaluado como un cuerpo de agua de dudosa calidad, existe una rehabilitación de los indicadores ambientales, con fluctuaciones de los valores en el indicador salinidad, pero con una tendencia al ascenso, así como de la temperatura. Por otra parte, existen valores de OD que presentan cierta estabilidad que superan los 5 mg/l, en la mayoría de las determinaciones. El pH, DBO₅, DQO, están en los rangos que establecen las normas de calidad de agua para estos ambientes. Las principales fuentes de presión a las que está expuesta el área marina del PNC son: prácticas inadecuadas en el sector agropecuario, con áreas dedicadas a la ganadería (intensiva y extensiva), extensas áreas dedicadas al cultivo del arroz, manejos inadecuados de los cursos de agua que llegan a la costa, canalización, control de ríos, arroyos y modificación de sus caudales. Otras fuentes de presión que influyen en la calidad del agua son la excesiva roturación de los terrenos, la influencia de los centros urbanos y los eventos naturales extremos.

Palabras clave: indicadores abióticos, calidad del agua, rehabilitación, fuentes de presión, área marina protegida.

Abstract

The research was carried out in the marine area of Caguanes National Park (PNC). Main objective was the evaluation of the water quality, based on the systematic monitoring of the marine area and the determination of abiotic indicators such as: salinity, pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical demand oxygen

(COD). The results show that despite being evaluated as a body of water of doubtful quality, there is a rehabilitation of the environmental indicators, with fluctuations in the values of salinity, but with an upward trend, as well as temperature. On the other hand, there are dissolved oxygen values that present some stability, those that exceed 5 mg/l in most determinations. pH, biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD), are in ranges that establish the international water quality standards for these environments. The main sources of pressure to which the marine area of Caguanes National Park is exposed are: inadequate practices in the agricultural sector, with areas dedicated to intensive and extensive cattle raising, and extensive areas dedicated to rice cultivation, a wrong management of the water courses that reach the coast, canalization; control of rivers, streams and modification of their flows. Other sources of pressure that influence the water quality are an excessive land clearing, the influence of the urban centers, and extreme natural events.

Keywords: abiotic indicators, water quality, rehabilitation, pressure sources, marine protected area.

Introducción

Entre los años 1991 y 2003, en el marco de los proyectos “Protección de la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey” GEF/PNUD CUB/92/G31, y “Acciones prioritarias para consolidar la protección de la biodiversidad en el Ecosistema Sabana-Camagüey” GEF/ PNUD CUB/98/G32, se analizó la información relacionada con los parámetros químicos de calidad ambiental del agua en el archipiélago Sabana-Camagüey (ASC). Se consideraron las siguientes variables: OD, DBO_5 y DQO, compuestos de los ciclos de Nitrógeno y Fósforo, Silicato, y en sedimentos Carbón orgánico, Nitrógeno orgánico, Fósforo inorgánico y total y Sulfuro de hidrógeno. Las concentraciones predominantes de los parámetros estudiados correspondieron a agua marina de buena calidad, excepto en las bahías de Cárdenas, Buena Vista

y Nuevitas, cuerpos de agua sometidos a un mayor impacto antropogénico (Montalvo *et al.*, 2004; Alcolado *et al.*, 2007).

La mayoría de las fuentes contaminantes del archipiélago Sabana Camagüey están constituidas por residuales de naturaleza orgánica, derivados de las industrias alimenticias, domésticos y de las actividades agropecuarias. Dentro de los residuos de la industria alimentaria las mayores cargas fueron aportadas por los centrales azucareros y las destilerías. Los residuales urbanos y domésticos también constituyen una fuente importante de contaminación en el ecosistema, y con la misma clasificación, se suman los de las actividades turísticas, docentes e instalaciones de salud (Perigó, 2004).

Lo anterior da una idea del impacto de las fuentes de contaminación en un ecosistema de circulación tan limitada como el archipiélago, pues su geomorfología lo hace muy vulnerable a la naturaleza y composición de los residuales que recibe, cuyo efecto principal es alterar el balance del OD. Esto puede producir un efecto indeseable en la estructura y funcionamiento del ecosistema y altera su biodiversidad (Montalvo, 1999).

A inicio de los años 2000, según Montalvo *et al.* (2002) y Montalvo *et al.* (2003), existió una tendencia a la disminución de las presiones ambientales sobre la calidad ambiental del archipiélago Sabana-Camagüey, al comparar los niveles de las variables ambientales de contaminación orgánica y de eutrofización, que habían disminuido significativamente en las zonas mayores receptoras de contaminantes, las bahías de Cárdenas, Nuevitas, Buena Vista y litoral Norte de Villa Clara. No obstante, en sectores de la bahía de Buena Vista se presentaron altas concentraciones de variables indicadoras de contaminación orgánica y eutrofización debido a la afluencia de residuales de la fábrica de levadura Torula, del Complejo Agroindustrial azucarero (CAI) Obdulio Morales, en el municipio Yaguajay, y a los residuales domésticos de las poblaciones cercanas (Montalvo *et al.*, 2004).

A nivel mundial, las aguas marinas tienen un papel fundamental, ya que proveen diferentes bienes y

servicios a las poblaciones. Debido a los múltiples usos, también son objeto de presiones ambientales que causan deterioro de la calidad del agua y conllevan a la alteración de las propiedades naturales de la misma (Vivas-Aguas *et al.*, 2010).

Las bahías son consideradas ecosistemas altamente productivos. La bahía de Buena Vista forma el paisaje geográfico que mayor importancia reviste para el municipio costero de Yaguajay, debido a sus múltiples usos y su belleza natural. Esta constituye un sitio de importancia ecológica, es utilizada como banco genético natural para el desarrollo pesquero en zonas aledañas, importantes áreas de refugio, alimentación y desove de especies comerciales, carismáticas y en peligro de extinción. Además, presenta potencialidades para el desarrollo del turismo de naturaleza (CSA, 2013).

El Parque Nacional Caguanes (PNC) forma parte de la bahía de Buena Vista, la zona marino-costera de esta área protegida ha estado sometida al vertimiento histórico de residuales industriales, sin tratar hasta el año 2002. En estos momentos recepciona descargas de residuales líquidos provenientes fundamentalmente de asentamientos humanos, sector agropecuario e instalaciones de servicio a lo largo de la bahía, lo que afecta este frágil ecosistema, representando un peligro potencial para los elementos de la biodiversidad que viven, se alimentan y se refugian en la zona costera de esta área protegida. Afectación que puede acentuarse con los fenómenos asociados al cambio climático. Por lo que es necesario la actualización constante, el monitoreo y la evaluación de la calidad del agua marina del PNC.

La zona marina constituye uno de los objetos de conservación del área protegida, por los valores que la misma presenta, así como la importancia para el fomento de la biodiversidad, la que cuenta con áreas tróficas, de refugio de especies y zonas de desove, muchas de ellas con categoría de amenaza como el manatí antillano (*Trichechus manatus*), carismáticas como el flamenco rosado caribeño (*Phoenicoptero ruber ruber*) y endémicas como el *Dentimargun vitoria*, entre otras especies

comerciales, como el pargo (*Lutjanus analis*), cubereta (*L. griceus*) y la langosta espinosa (*Panulirus argus*). Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo general evaluar la calidad del agua marina en el PNC, a partir de la determinación de indicadores abióticos y la identificación de las principales presiones ecológicas que constituyen amenazas para el ecosistema marino.

Materiales y métodos

Como estrategia de muestreo se estableció una red de 18 puntos y se utilizó el sistema de coordenadas Cuba Norte, con la proyección Cónica de Lambert y el Datum NAD-27 CU (Tabla 1), que abarcan el área marina del PNC, (Fig. 1), los que fueron tomados con

Tabla 1. Coordenadas de puntos de muestreo

PUNTOS	NOMBRE	X (LONGITUD)	Y (LATITUD)
1	PLAYA JUDAS	706244.50	287293.66
2	ESTERO REAL	698732.30	285211.53
3	CAYO PALMA	694869.13	285723.89
4	CAGUANES 1	693956.36	286269.83
5	CAGUANES 2	693653.47	286290.03
6	ENSENADA DE CAGUANES	691170.40	285890.71
7	CAYO OBISPO-CAYO CAGUANES	691113.89	286878.65
8	ENSENADA DE CRISTOBAL	688854.55	284410.46
9	CABEZO DE ERMITA	688020.31	287079.53
10	PLAYA VITORIA 1	685282.16	284878.92
11	PLAYA VITORIA 2	684870.06	285157.00
12	PUNTA LA COSCORRONA	681242.85	285667.25
13	ENSENADA DE YAGUAJAY	680647.15	284453.28
14	BAJO DEL GUANÍ	676860.30	286771.69
15	CABEZO DE SALINAS-FABRICA	683421.59	288868.53
16	CENTRO DE LA BAHIA	680810.81	291809.28
17	PLAYA DE CAYO LUCAS	679368.18	293174.58
18	CAYO AGUADA	673204.83	294249.69

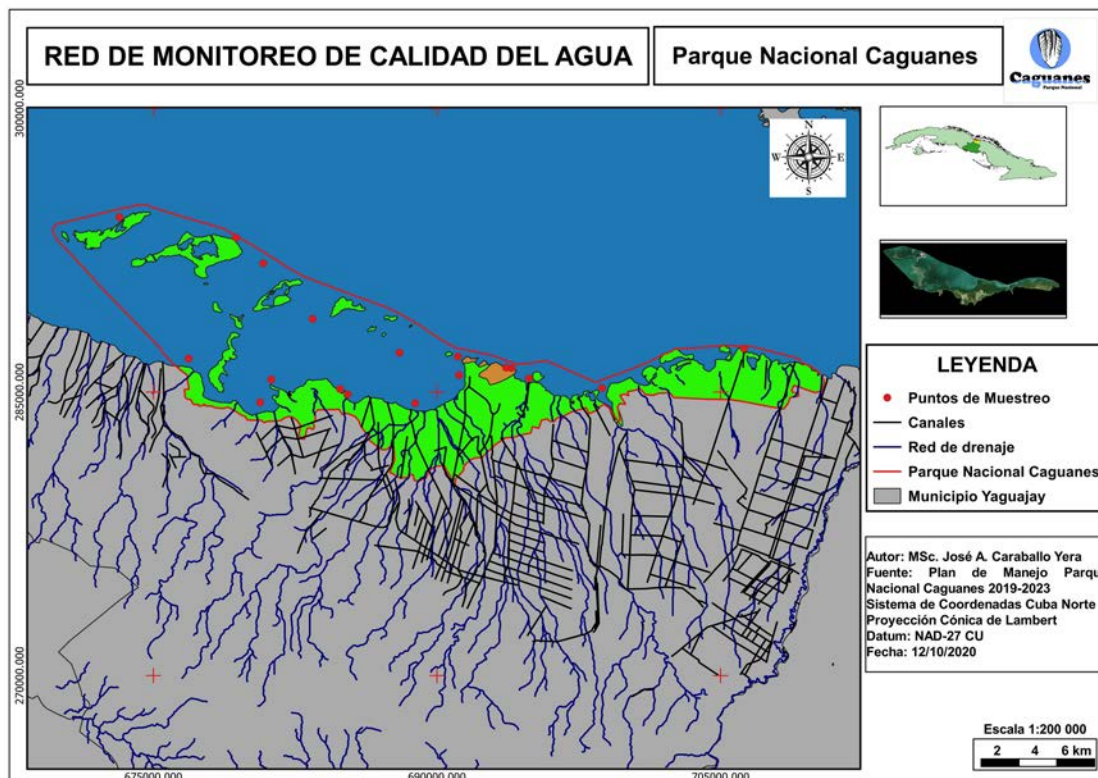


Fig. 1. Red de estaciones de muestreo en el área marina del PNC.

un GPS GARMIN modelo GPSMAP78. Se realizó el muestreo en un periodo de cinco años, 2015-2019, con una frecuencia de cuatro veces al año, en los meses de abril, junio, noviembre y febrero. Se tomaron muestras de agua, en los niveles de superficie y fondo, según fuera posible, mediante una botella Nansen.

En cada estación se midió *in situ* los siguientes indicadores: el pH y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), utilizando un pH-metro digital portátil, marca HANNA, según la norma (ISO10523, 1994), transparencia mediante un disco Secchi, la salinidad se midió electroméricamente, con un salinómetro digital inductivo, OD, con un oxímetro digital, con compensación de temperatura y salinidad, de acuerdo a los requerimientos de la norma (UNE EN 25814, 1994). En el laboratorio se hicieron las determinaciones siguientes: para DBO_5 , se empleó el método de incubación directa a 20°C durante cinco días (HACH, 2000), y la DQO, por medio de la

oxidación con permanganato en medio alcalino (FAO, 1975).

Se realizó el análisis estadístico descriptivo de las variables químicas de calidad ambiental en este ecosistema, empleando el programa Excel y Estadística V.6. Para evaluar la calidad del agua se tuvieron en cuenta las exigencias de la Norma Cubana 25 del 1999: "Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero" (NC-25:1999). Se identificaron las presiones ecológicas que constituyen amenazas, con la aplicación de la metodología de Leopold (Canter, 2000).

Resultados y discusión

El PNC abarca aproximadamente el 90% de la costa norte del municipio de Yaguajay, en la provincia de Sancti Spiritus. Esta zona costera es de muy baja profundidad (2.50 m valor promedio) y la gran cadena de cayos que posee cercana al litoral la convierten en un

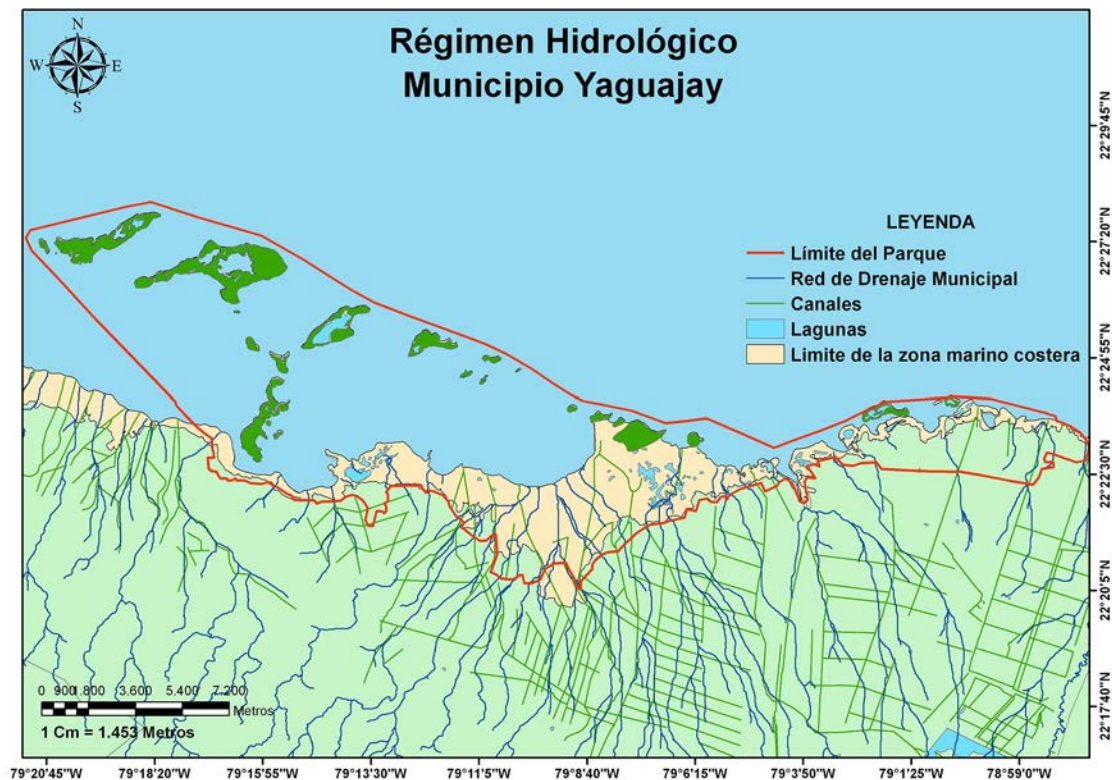


Fig. 2. Régimen hidrológico, con incidencia en el PNC.

sistema semi-cerrado con limitada circulación e intercambio con el mar adyacente. Muchas de las actividades que se desarrollan en áreas próximas al mismo tienen una incidencia directa en el ecosistema marino.

En cuanto al escurrimiento superficial, hacia el área del PNC drenan pequeños ríos y arroyos que nacen en la Sierra de Meneses y Cueto (Zona Hidrográfica I: “Norte de Yaguajay”, abarcando un área total de 497.93 km², en la vertiente norte de la provincia, donde se conforma el parteaguas principal del territorio. En general, estos arroyos presentan poca longitud y pierden su cauce en la llanura costera antes de llegar al área protegida, dadas las características morfológicas de la misma, baja y plana, que condicionan un mal drenaje, y su basamento geológico eminentemente cársico (CSA, 2013).

El río Jatibonico del Norte es el de mayor aporte de agua dulce al ecosistema costero colindante con el

extremo este del PNC, con un aporte de 131 010 m³/A. Existe un sistema de canales de riego y drenaje, que, aunque con deficiencias, hace que la mayoría de los ríos lleguen canalizados a la zona de manglares descargando en ella sus caudales (Fig.2). Teniendo en cuenta el régimen hidrológico y la actividad socioeconómica desarrollada en el parteaguas, vertiente norte, se manifiesta incidencia directa en el área marina del área protegida.

Desde el año 2004, en áreas próximas al PNC, existe un cambio de uso de la tierra, con el fomento de la actividad agropecuaria, la cual se intensifica gradualmente en el municipio, con incidencia directa e indirecta en estos ecosistemas.

En el periodo estudiado, esta zona fue afectada por varios eventos naturales extremos: la intensa sequía entre los años 2016 y 2017, en septiembre de 2017, el huracán Irma categoría cinco, que azotó la isla de Cuba, por un tiempo mayor de 24 horas, con fuertes vientos

y velocidad de traslación entre 6-8 km/h, por lo que el poder de destrucción de los manglares fue elevado, afectándose el 80% del mangle negro (*Avicennia germinans germinans* L.), y en un 40% el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.). Se logró la saturación del manto freático, con la tormenta subtropical Alberto que afectó la región en mayo de 2018, con precipitaciones intensas en corto periodo de tiempo, apenas entre 24 y 48 horas. Según pobladores del territorio, los niveles de agua dulce alcanzados, nunca antes habían sido observados, al menos en los últimos sesenta años.

En los muestreos realizados se pudo determinar que los valores de salinidad oscilaron entre 10-57 unidades (Tabla 2), asociados a los diferentes eventos climáticos ocurridos en este periodo, como la sequía experimentada entre 2016 y los primeros ocho meses de 2017, la cual provocó valores por encima de las 50 unidades. Los valores máximos se registran en el mes de junio de 2017 y los valores mínimos en el mes de junio de 2018. Esta fluctuación está muy por encima de lo que establece la NC-25:(1999), para evaluar este cuerpo de agua como de buena calidad, por lo que se evaluó como de dudosa calidad, para el menor valor obtenido y el máximo valor está fuera de rango, siendo este un factor limitante para el desarrollo de la vida marina.

En el área se reportaron valores de pH entre 7.28-8.6 (Tabla 2), con pocas variaciones entre los puntos. Los organismos acuáticos crecen mejor en un pH entre

6.5-8.5. Este parámetro mostró una correlación positiva con el OD, ya que sus valores extremos coinciden con los máximos encontrados en el gas. Lo cual, según reporte de (Perigó *et al.*, 2004), está vinculado a procesos de producción de O₂ y consumo de CO₂ *in situ*.

El contenido de OD en el agua, en los muestreos realizados, osciló entre 3.13-5.54 mg/l (Tabla 2), al estar por encima de 3 mg/l y menores a 6 mg/l. El cuerpo de agua es evaluado como un cuerpo de agua de dudosa calidad, según lo establece la NC-25:(1999). Aunque existen valores por encima de los 5 mg/l, que lo evalúan como un cuerpo de buena calidad, en ese momento, los que se corresponden con los años 2015, 2016, 2017 y 2019, específicamente en los meses de febrero y noviembre, no así en el año 2018.

Los valores de la DBO₅, oscilaron entre 1.38-2.76 mgO₂/l, (Tabla 2). Según lo establece la NC-25:(1999), estamos en presencia de un cuerpo de agua de dudosa y mala calidad. El valor más elevado, por encima de dos, está presente en todos los años estudiados y puede estar asociado a la descarga de residuales en la zona de estudio, arrastrado por los escurrimientos. Es necesario destacar que los montos de materia orgánica en ecosistemas costeros cubanos son muy variables en cuerpos de aguas costeras de lenta remoción. Los valores de DBO₅, por regla general, superan el valor límite establecido por la norma cubana para agua marina de uso pesquero, NC-25:(1999), para evaluar el cuerpo de

Tabla 2. Valores registrados de los indicadores de calidad del agua estudiados. Transparencia (Transp.), Temperatura (Temp.), pH, Salinidad (Sal.), Oxígeno Disuelto (O.D), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), Valores máximos (Max), Valores mínimos (Min).

Años	Transp. (m)		Temp. °C		pH		Sal.		O.D mg/l		DBO mgO ₂ /l		DQO mgO ₂ /l	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
2015	3,75	0,10	30,9	22	8,29	7,15	43	38	5,54	3,9	5,62	2,68	5,62	2,68
2016	3,85	0,25	30,9	23,3	8,16	7,32	46	40	5,23	3,13	5,36	2,24	5,36	2,24
2017	3,75	0,1	31,8	25,3	8,46	7,28	57	25	5,42	4,04	5,33	2,16	5,33	2,16
2018	2,75	0,1	28,3	22,1	8,04	7,72	36	10	4,89	4,14	3,72	2,61	3,72	2,61
2019	3,75	0,1	31,8	22,1	7,98	7,61	43	30	5,18	4,42	3,70	2,05	3,70	2,05

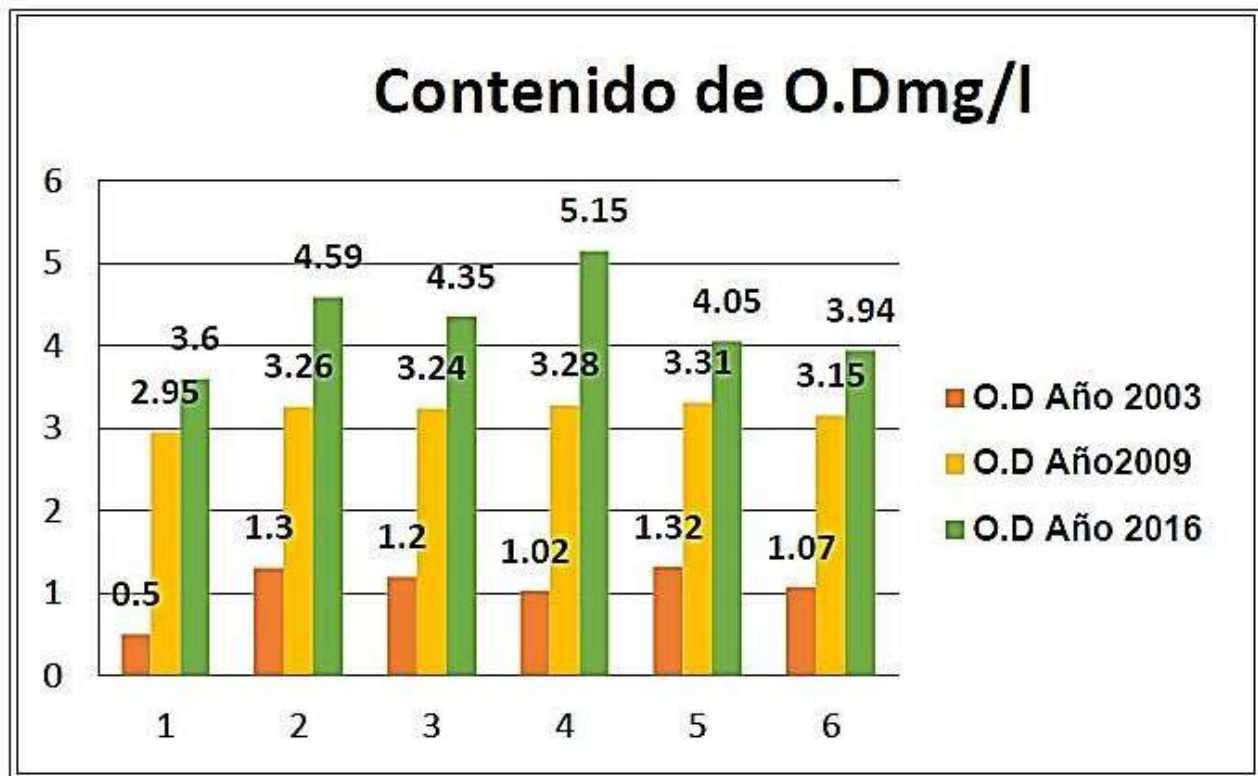


Fig. 3. Variaciones del contenido de O.D mg/l, en el periodo 2003-2009-2016.

agua de mala calidad. No obstante, estos resultan normales en este tipo de ecosistemas, debido a la alta producción primaria que ostentan (Perigó *et al.*, 2003).

En el área de estudio, los valores de DQO oscilaron entre 2.05-5.62 mg/l (Tabla 2), obteniéndose los mayores valores en los años 2015 y 2016, lo que indica una acentuada influencia antropogénica en puntos próximos al bajo del Guany. Influenciado por el vertimiento histórico de residuales industriales del CAI Heriberto Duquesne, de la provincia Villa Clara, con influencia directa en este sector, la que, a partir del año 2013, comenzó a tratar los residuales líquidos de la misma, con la consiguiente disminución de la carga contaminante, reflejado en los valores de los indicadores de calidad del agua en años posteriores (2015-2019). No obstante, existen valores por encima de los 5 mg/l en varios puntos de muestreo en los años estudiados, pues son receptores de aguas residuales

urbanas y agrícolas, (Penié *et al.*, 1998). También estos ecosistemas se caracterizan por tener elevados valores de la DQO al permanganato en medio alcalino, y las concentraciones predominantes son mayores a los 2,0 mg/l, cota establecida por la EJA (1972), citada por Inoue y Ebise (1991).

La Bahía de Buena Vista ha estado afectada históricamente por residuales altamente contaminantes provenientes de la industria azucarera, específicamente tres CAI azucareros y una fábrica de levadura, Torula, sin sistemas de tratamiento, y que vertían directamente por diferentes puntos en el sector estudiado hasta el año 2002.

En las figuras de la 3 a la 5, se representa la variación que han experimentado algunos de los indicadores de calidad del agua en el área estudiada, analizando los años 2003, 2009 y 2016, respectivamente. Se evidencia el paso de un cuerpo de agua contaminado evaluado de

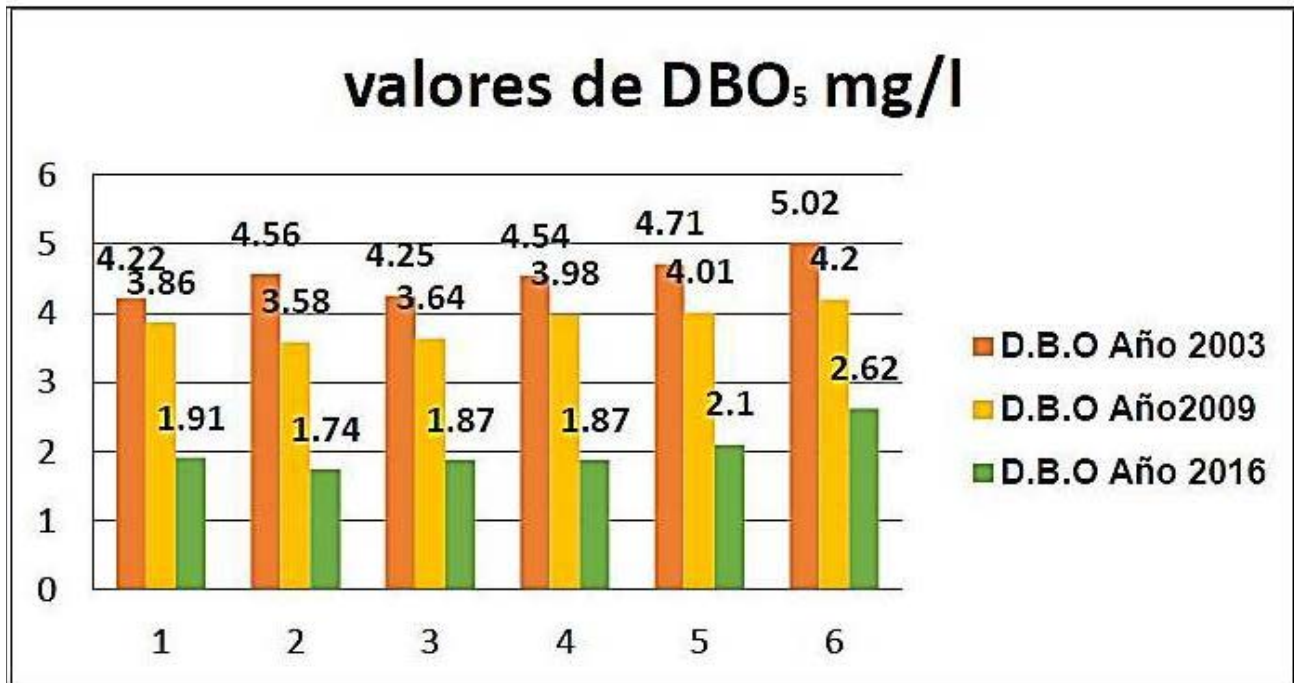


Fig. 4. Valores de DBO₅ mgO₂/l en el periodo 2003-2009-2016.

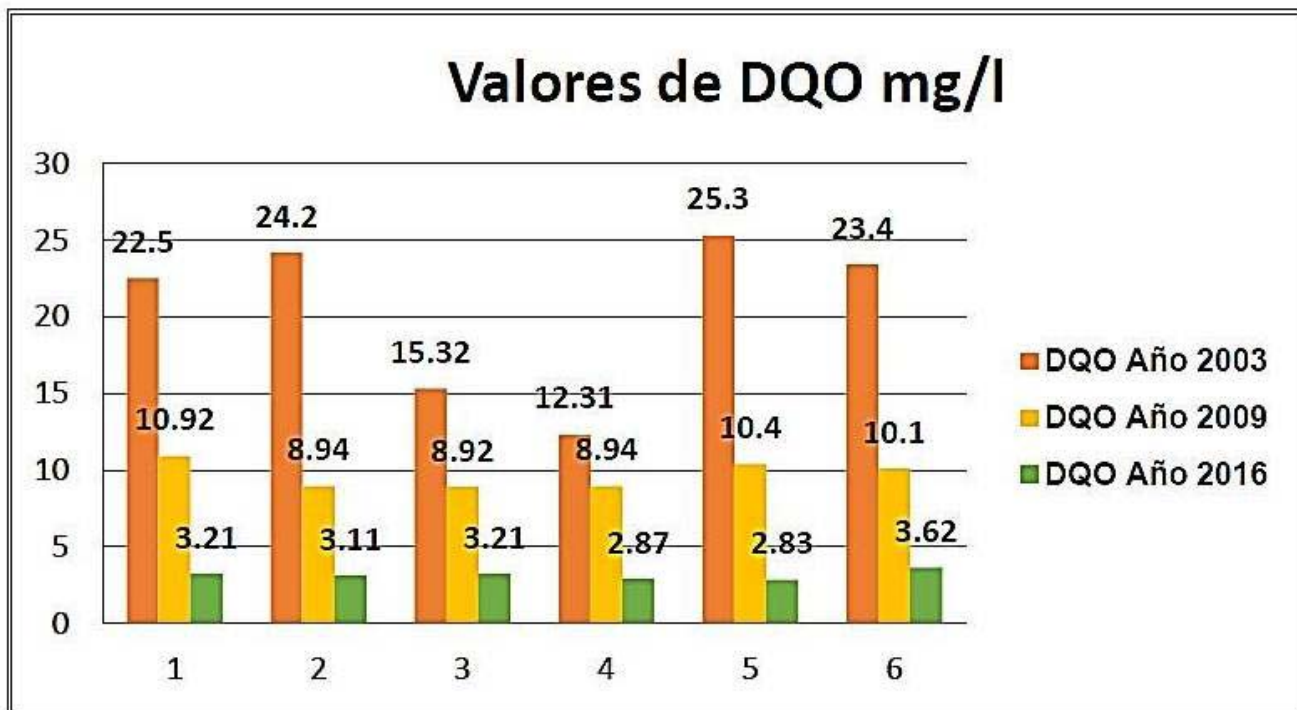


Fig. 5. Valores de DQO mgO₂/l en el periodo 2003-2009-2016.

mala calidad, a un cuerpo de agua de dudosa calidad, corroborando la mejora de sus indicadores ambientales.

Se presentaron altas concentraciones de variables indicadoras de contaminación orgánica y eutrofización, debido a la afluencia de residuales industriales y domésticos de las poblaciones cercanas, según (Montalvo *et al.*, 2003). La Figura 3 compara los valores de OD en la ensenada de Yaguajay, con valores que no superaban los 1.4 mg/l, cuerpo de agua donde era imposible que existiera la vida en ese momento, con influencia de procesos anaeróbicos, con fuerte olor a sulfhídrico y ausencia de vegetación, donde predominaban los fondos fangosos. En estos momentos, el OD supera los 3.6 mg/l, el cual, si bien no puede considerarse como un cuerpo de buena calidad, según lo que establece la norma, sí hay una evolución positiva de este indicador, donde se puede apreciar el olor característico y el color predominante es el verde menos intenso y más intenso, con presencia de vegetación, campo cubierto de pastos marinos y algas calcáreas, además, diversidad de fauna marina, los fondos son arenoso y areno-fangoso.

Se realizó una comparación (Fig. 4) del contenido de materia orgánica en función de la DBO₅. Se puede apreciar que en el año 2003 los valores están por encima de los 5.2 mgO₂/l, ubicando a este cuerpo de agua de mala calidad, según lo establecido por la Norma

Cubana NC: 25 (1999). En el año 2009 se aprecia una disminución de este indicador, en el año 2016 los valores no superan los 2.62 mgO₂/l. Si bien no puede ser ubicado como un cuerpo de agua de buena calidad, hay que tener en cuenta la composición de la materia orgánica, la cual puede estar influenciada en estos momentos por la vegetación acuática y periférica sin perder de vista las fuentes antropogénicas y que pueden estar incidiendo en esta área.

En los años 2009 y 2003, los valores de DQO determinados superaban los 12 mgO₂/l y llegaron a obtenerse mediciones que superaban los 25 mgO₂/l (Hernández, *et al.*, 2003; Hernández y Perdomo, 2012). En las determinaciones realizadas en el año 2016 los valores no superaron los 3.6 mgO₂/l (Fig.5), en correspondencia con lo observado en este ecosistema donde se representa las diferentes formas de vida del medio marino.

Los indicadores determinados han experimentado un cambio, evalúan este lugar como un cuerpo de agua de dudosa calidad, pero donde existen condiciones para el desarrollo de la biodiversidad (Fig.6) y (Fig.7). El área marina presenta praderas marinas, específicamente angiospermas marinas (Fig.8) con diversidad de ejemplares de la fauna marina, como cangrejos, jaibas, peces en estado de alevines, especies comerciales como el pargo (*Lutjanus analis*), la cubera (*Lutjanus cyanopterus*),



Fig. 6. Biodiversidad marina.



Fig. 7. Biodiversidad marina.



Fig. 8. Angiospermas marinas (*Talassia testudinum*).



Fig. 9. Playas naturales.

langosta espinosa (*Panulirus argus*) y sábalo (*Tarpon atlanticus*). También las aves utilizan esta geografía como área trófica y de descanso, como por ejemplo la sevilla, espátula o pico de cuchara (*Ajaia ajaja* Linnaeus), indicador de rehabilitación de ecosistemas; pelicanos pardo o alcatraz (*Pelecanus occidentales* Linnaeus), corúas de mar (*Phalacrocorax auritus* Lesson), rabihorcado (*Fregata magnificens* Mathews), marbella o pájaro serpiente (*Anhinga anhinga* Vieillot), flamenco rosado caribeño (*Phenicopterus ruber ruber* Linnaeus), entre otros. Sus fondos son arenosos con acumulaciones de arenas en sectores costeros y pequeñas playas naturales (Fig.9), con potencialidades para el desarrollo de variantes de turismo de naturaleza.

En cuanto a la transparencia de las aguas en el periodo estudiado, específicamente segundo semestre de 2017, 2018 y primer semestre de 2019, las aguas se mantuvieron con partículas en suspensión que impedían la penetración de la luz. Este efecto se evalúa actualmente para conocer los posibles daños causados a la flora y fauna marina.

Las presiones ecológicas a las que está expuesto este ecosistema se relacionan con las fluctuaciones del valor salinidad, con valores por encima de las 45 unidades, que al ser persistentes en el medio puede provocar

estrés salino, y, por consiguiente, serias afectaciones a la biodiversidad del área. Relacionado directamente con los aportes de agua dulce que llegan a la costa, los cuales pueden ser en momentos nulos y en otras ocasiones los volúmenes son superiores a la media anual. Influenciado por los eventos meteorológicos extremos, pero también por la actividad socioeconómica, la cual demanda volúmenes de agua, que al no estar disponible o ser superiores a los necesitados, se realizan tranques, desvío de canales, según sea el caso. Los valores de temperatura en el periodo estudiado (Tabla 2) oscilaron entre 22-31.8 °C, relacionados con las diferentes estaciones del año, el máximo valor se corresponde con las altas temperaturas en los meses de verano los que, de incrementarse o persistir en este ecosistema, puede traer consecuencias desfavorables al desarrollo de la biodiversidad.

Por lo antes expuesto, después de aplicar la matriz Leopold (Tabla 3), se determina que las principales fuentes de presión que constituyen amenazas al área marina del (PNC) son: las prácticas inadecuadas en el sector agropecuario, con áreas dedicadas a la ganadería (intensiva y extensiva), extensas áreas dedicadas al cultivo del arroz, el mal manejo de los cursos de agua que llegan a la costa, canalización; control de ríos, arroyos y

Tabla 3. Matriz Leopold, Área marina del Parque Nacional Caguanes.

FACTORES AMBIENTALES	ACCIONES QUE PROVOCAN EFECTOS AMBIENTALES															
	Navegación de recreo	Sendero	Emisión de residuos municipales	Vertidos de efluentes líquidos	Uso de productos químicos	Roturación del suelo	Canalización	Control del río y modificación del caudal	Quemas	Urbanización	Excavación de pozos y extracción de fluidos	Reforestación	Pesca furtiva.	Variaciones climática	Eventos naturales extremos	Ganadería y pastoreo.
Disminución o eliminación de poblaciones	3	2	7	7	8	9	9	9	8	6	6	8	8	8	9	10
Destrucción de hábitats (manglares y pastos marinos)	4	2	7	7	8	10	10	9	8	6	6	7	9	10	10	9
Afectación a los paisajes submarinos	4	3	7	7	8	9	9	9	8	6	6	7	7	10	10	8
Pérdida del potencial turístico.	3	2	7	7	7	8	9	9	8	5	5	7	7	8	10	8
Disminución de la productividad biológica.	3	2	8	8	8	9	9	9	8	6	6	8	7	10	8	8
Afectación a la calidad del agua	4	3	10	10	10	10	10	9	9	8	8	8	8	10	10	10
Contaminación Orgánica	3	2	10	10	9	8	9	9	7	8	8	7	6	8	9	9
Contaminación microbiana	2	2	8	7	7	7	9	9	6	8	7	6	6	9	9	9
Contaminación química.	2	2	7	7	9	7	9	8	7	8	6	4	5	9	9	9
Turbidez del agua	2	2	5	7	8	9	9	9	7	6	6	6	8	10	10	8
Alteración de las características de los fondos	4	2	7	7	7	9	9	9	7	6	7	6	8	9	10	9
Eutroficación	2	2	7	7	9	9	7	7	7	7	7	7	7	9	8	8
Total	36	26	90	91	98	104	108	105	83	80	79	81	86	110	112	105

modificación de sus caudales, excesiva roturación de los terrenos, la influencia de residuales urbanos y los eventos naturales extremos, que influyen directamente en la calidad del agua marina.

El cambio climático es un factor determinante en la calidad del agua, lo que ha provocado variaciones bruscas de indicadores como la temperatura, la salinidad y la transparencia del agua, relacionados con los periodos de sequía prolongados y las intensas lluvias en cortos periodos de tiempo. Razón que hace necesario monitorear sistemáticamente este ecosistema.

Consideraciones generales

El cuerpo de agua marina del PNC no es evaluado como de buena calidad, sin embargo, después de la creación del área protegida, a partir del año 2001 y debido a las estrategias de muestreos desarrolladas, unidas al manejo implementado por actores locales y trabajadores del centro, se ha logrado cambiar este escenario.

Se evidencia la mejora de indicadores ambientales con avances en la rehabilitación de este ecosistema, según los valores de los indicadores químico-físicos, de calidad de agua determinados. Con el paso del tiempo se observa la presencia de fauna asociada a ecosistemas saludables y el cambio en los biotopos marinos, clasificados los fondos en arenosos y areno-fangoso.

Agradecimientos

A Fidencia P. Perdomo González, por formar parte del estímulo para la realización y sistematización de estos trabajos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

Alcolado, P.M., García, E.E., Arellano-Acosta, M. (Eds.). (2007). *Ecosistema Sabana-Camagüey. Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. La Habana, Editorial Academia.

- Barrios-Valdés, O. (2016). Observaciones ecológicas de *Cerion santacruzense* (Gastropoda: Cerionidae) en tres cayos del Parque Nacional Jardines de la Reina, Cuba. *Poeyana*, 502, 32-38.
- Canter L.W. (2000). *Manual de Evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de Impactos*. España. Madrid, Ed. Mc Graw Hill.
- CSA. (2013). *Plan de Manejo Quinquenal 2014-2018, Parque Nacional Caguanes. Sancti-Spiritus*.
- FAO. (1975). Manual of Methods in Aquatic Environmental Research part-1. Methods for detection and monitoring of water pollution. p (137: 237). *Tech. Paper. FAO Fish*.
- GEF/PNUD, (2000). *Acciones prioritarias para consolidar la protección de la biodiversidad en el Ecosistema Sabana-Camagüey*. Proyecto CUB/98/G32
- HACH (2000): *Manual de análisis de agua*. Estados Unidos, Colorado, 2da ed.
- Hernández, I., Perigó, E., García, I.A., Esponda, S.C., Cesar, M.E., Delgado, V. (2003). *Caracterización química del sector sur central de la Bahía de Buenavista*. Inédito, Archivo. Científico, IDO.
- Hernández, I., Perdomo P.F. (2012). Calidad del agua en áreas costeras vulnerables del Parque Nacional Caguanes. En A.Z. Domínguez, M. Torres y Y.G Puerta (Eds.), *Experiencias en la protección de la biodiversidad y el desarrollo sostenible en la provincia de Sancti Spiritus* (pp. 50-56). Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- Inoue, T. (1991). *Runoff characteristics of COD, BOD, C. N. and P loading from rivers to enclosed coastal seas*. Environmental management and appropriate use of enclosed coastal seas EMECS, 90.
- ISO10523 (1994). *International Conference on the Environmental. Waterquality. Determination of pH*. International Standard Organization.
- Montalvo, J.F. (1999). Niveles de oxígeno disuelto y materia orgánica en lagunas costeras de las regiones central y oriental de Cuba. En *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*. (pp. 126 -129)

- Montalvo, J.F., García, I.A., Perigó, E., Esponda, S.C., Cesar, M.E., Delgado, V. (2002). *Caracterización química del archipiélago Sabana-Camagüey* (Seca del 2002). Inédito, Archivo. Científico, IDO.
- Montalvo, J.F., García, I., Perigó, E., Martínez, M., Cano, M. (2004). Niveles más representativos de los parámetros de calidad química ambiental en la ecorregión Sabana-Camagüey. En *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental 5*.
- NC-25 (1999). *Norma Cubana. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Cuba*, Oficina Nacional de Normalización.
- Perigó, E. (2003). Valores más frecuentes y extremos de los parámetros químicos de calidad ambiental en ecosistemas costeros y aguas de la plataforma marina cubana. En *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental 4* (pp. 445-455).
- Perigó, E., Cano, M. (2004). Calidad química de las aguas del sector sur central de la bahía de Buenavista, Sancti-Spíritus, Cuba. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 1 (Edición Especial).
- Perigó, E. (2004). Principales fuentes contaminantes en la ecorregión norcentral de Cuba, archipiélago Sabana-Camagüey). Impactos y respuestas. En *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental 5*.
- Penié, I., García, I. (1998). Hidroquímica y calidad ambiental del archipiélago Sabana-Camagüey. En *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental* (pp. 155-159).
- UNE EN 25814(1994). *Calidad del agua. Determinación de oxígeno disuelto. Método electroquímico*.
- Vivas-Aguas, L.J., Narváez-Flórez, S., Espinosa, L. (2010). Calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano. En Invemar (Ed.) *Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia. Santa Marta* (pp. 55-71), Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8.

Como citar este artículo

Hernández Ramos, I., Borroto-Escuela, D.Y., Castro Castillo, M., Caraballo Yera, J.A., Falcón Méndez, A. (2021). Evaluación de la calidad del agua marina en el Parque Nacional Caguanes, Sancti Spíritus, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 41(especial), 5-17.