

Artículo Original

**ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA
SANTIAGUERA DEL AÑO 2006 AL AÑO 2020**

**STUDY OF THE POLLUTION OF THE BAY
SANTIAGUERA FROM THE YEAR 2006 TO THE YEAR 2020**

Sara Arias Zamora ¹ <https://orcid.org/0000-0003-2970-0492>
Telvia Arias Lafargue ^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2610-1451>
Dunia Rodríguez Heredia ¹ <https://orcid.org/0000-0003-4676-7314>
Taimí Bessy Horruitiner ¹ <https://orcid.org/0000-0001-7595-5547>

¹ Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

Recibido: Marzo 13, 2023; Revisado: Abril 26, 2023; Aceptado: Junio 15, 2023

RESUMEN

Introducción:

El entorno de la bahía de Santiago de Cuba alberga 27 fuentes contaminantes; entre ellas 22 industrias e instalaciones, cuatro ríos y el drenaje Trocha, causantes del deterioro del ecosistema.

Objetivo:

Mostrar la variabilidad de la contaminación de la bahía de Santiago de Cuba entre los años 2006 y 2020.

Materiales y Métodos:

En el 2006 y 2020 las muestras fueron tomadas en el horario de la mañana, siempre a la misma hora, en superficie y a un metro de profundidad a lo largo de la orilla este y a la entrada de la Bahía. Se muestrearon los parámetros pH, nitritos, nitratos, amonio, fosfato, demandas química y bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y turbiedad. Las muestras fueron analizadas en los laboratorios de la Empresa Geominera Oriente, de Higiene y Epidemiología y en la Empresa Nacional de Asistencia y Servicios Técnicos de Santiago de Cuba.

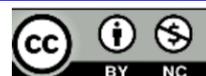
Resultados y Discusión:

En 2006 las aguas de la playa La Estrella se podían usar como zona de baño y el resto



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Telvia Arias, Email: tal@uo.edu.cu



de las zonas de la Bahía para la pesca recreativa, excepto la zona correspondiente a la Fábrica de Harina. En el 2020 las cifras obtenidas indican contaminación de las aguas de la Bahía en la entrada y en el interior, destacándose un elevado contenido de sólidos en suspensión.

Conclusiones:

Las características de las aguas de la bahía de Santiago de Cuba en el año 2020 se deterioraron con respecto a los reportes realizados en el 2006.

Palabras clave: Bahía de Santiago de Cuba; contaminación.

ABSTRACT

Introduction:

The environment of the bay of Santiago de Cuba is home to 27 polluting sources; including 22 industries and facilities, 4 rivers and the Trocha river drainage, all causing the deterioration of the ecosystem, being the second most polluted bay in Cuba.

Objective:

To show the variability of the pollution of the Bay of Santiago de Cuba between the years 2006 and 2020.

Materials and Methods:

In 2006 and 2020, the samples were taken in the morning, always at the same time, on the surface and at a depth of one meter along the east shore and at the entrance of the Bay. The parameters pH, nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, chemical and biochemical oxygen demands, dissolved oxygen, suspended solids and turbidity were sampled. The samples were analyzed in the laboratories of the Oriente Geomining Company of Hygiene and Epidemiology and in the National Company of Assistance and Technical Services of Santiago de Cuba.

Results and Discussion:

In 2006, the waters of La Estrella beach could be used as a bathing area and the rest of the Bay area's for recreational fishing, except for the area corresponding to the Flour Factory. In 2020, the figures obtained indicated pollution in the waters of the Bay at the entrance and in the interior, highlighting a high content of suspended solids.

Conclusions:

The characteristics of the waters of the Bay of Santiago de Cuba in 2020 deteriorated with respect to the reports made in 2006.

Keywords: Santiago de Cuba bay; pollution.

1. INTRODUCCIÓN

La Bahía de Santiago de Cuba es uno de los recursos naturales más importantes de la región oriental de Cuba. En su cuenca se asienta la ciudad del mismo nombre, segunda más poblada del país e históricamente considerada como uno de los sitios de mayor desarrollo económico, industrial y cultural. El entorno de la Bahía alberga a 27 fuentes fundamentales de contaminación; entre ellas 22 industrias e instalaciones, cuatro ríos y el drenaje fluvial "Trocha" (Fernández-Labrada y col., 2015).

Desde la década del 80 del siglo pasado y en el presente; en el ecosistema de la bahía se han desarrollado diversas investigaciones cuyo enfoque ha estado dirigido hacia la actualización del inventario de las fuentes de contaminación, lo que permite establecer elementos de conocimientos esenciales para la planificación de las acciones correctoras y la evaluación de los resultados de su aplicación (Fernández-Labrada y col., 2015).

Esta Bahía es uno de los ecosistemas más contaminados del país, y el alto grado de contaminación llega también a las playas ubicadas en esta zona: La Socapa, La Estrella, Barrio Técnico, Punta Gorda y El Níspero. Unas más empleadas como zonas de baño, otras menos, pero todas están asociadas a la recreación de la población santiaguera, de ahí que sea de vital importancia el mantenimiento de las condiciones higiénico sanitarias de los balnearios de la Bahía (Rodríguez-Heredia y Santana-Gómez, 2017).

Entre los contaminantes ambientales que llegan a estas zonas de baño están las grasas y aceites, provenientes de fuentes tanto industriales como domésticas, dentro de las que se pueden mencionar la Refinería de petróleo “Hermanos Díaz”, la Termoeléctrica “Antonio Maceo”, el Taller Principal Ferroviario Santiago de Cuba y Camiones Oriente. También la actividad marítima portuaria, así como el transporte marítimo y terrestre, por disposición incorrecta de combustibles y otros derivados del petróleo (Rodríguez-Heredia y col., 2016).

Aunque esta Bahía ha sido altamente estudiada, se han presentado pocos reportes de la modificación que ha ocurrido en las características de sus aguas entre los años 2006 y 2020. Por ello, el objetivo del trabajo es mostrar la variabilidad de la contaminación de la Bahía entre los años 2006 y 2020.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Tanto en el 2006 como en el 2020 todas las muestras fueron tomadas en el horario de la mañana, siempre a la misma hora, en la superficie y a un metro de profundidad a lo largo de la orilla este y a la entrada de la bahía de Santiago de Cuba, según el caso, de acuerdo con las Normas Internacionales ISO 5667-9 e ISO 5667-3 Parte 3 (ISO 5667-9, 1994), (Arias-Lafargue y col., 2021). Se colectaron en envases de cristal con tapa esmerilada de 500 mL y 1L para determinar demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), respectivamente. Para las restantes determinaciones, se emplearon frascos plásticos de 1 L de capacidad. Para las de oxígeno disuelto, se utilizaron envases de cristal, de 200 mL, con la adición del correspondiente preservante. La evaluación de estas aguas residuales se realizó según las técnicas descritas en el Métodos Estandarizados (Zambelli-Weiner y Via, 2017).

En ambas ocasiones los análisis químicos de macrocomponentes y metales fueron realizados en la UEB Laboratorio Elio Trincado Figueredo (acreditado por la norma ISO 17025), los bacteriológicos, de aceites y grasas fueron realizados por el Laboratorio de Higiene y Epidemiología de la provincia Santiago de Cuba, mientras que los de DQO, oxígeno disuelto (OD) y DBO₅ fueron realizados en el Laboratorio de Recursos Hidráulicos.

Se seleccionaron para realizar el estudio 11 puntos de muestreo (figura 1) que abarcaron todo el litoral este de la Bahía, y que reciben los residuales de algunas empresas que vierten en su cercanía (Arias-Lafargue, 2008).

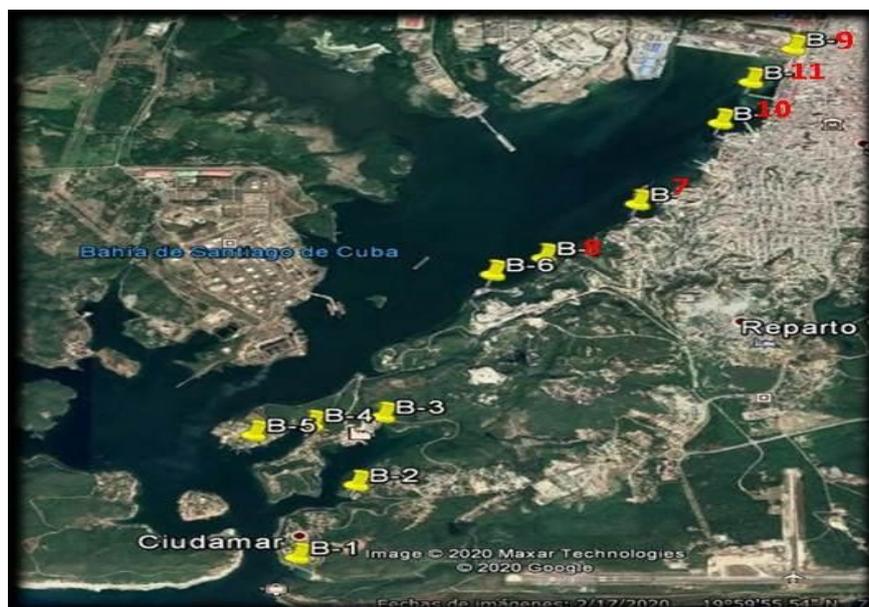


Figura 3. Ubicación de los 11 puntos de muestreo

Las muestras de los 11 puntos, se colectaron en el periodo comprendido entre julio y septiembre de 2020. Las mismas fueron entregadas para su análisis en el Departamento de Calidad del Laboratorio “Elio Trincado” de la Empresa Geominera Oriente y en la Empresa Nacional de Asistencia y Servicios Técnicos (ENAST) perteneciente al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Santiago de Cuba, ambos laboratorios certificados. Las referidas muestras fueron simples y conservadas en neveras refrigeradas hasta su análisis entre 24 y 36 horas posteriores a su recolección. Se determinaron como parámetros indicativos de contaminación: nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), fosfato (PO_4^{3-}), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos (S.S.) y turbiedad.

En la determinación de los parámetros físico-químicos se emplearon los métodos que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros y Métodos Analíticos utilizados en los experimentos realizados

| <i>Parámetros</i> | <i>Unidad de medida</i> | <i>Métodos analíticos</i> |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| pH | u | Potenciométrico |
| Sólidos Suspendidos | mg/L | Gravimétrico |
| DQO y DBO_5 | mg/L | Espectrofotométrico |
| Fósforo total | mg/L | Espectrofotométrico |
| Turbiedad | mg/L | Turbidimétrico |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | Yodométrico |
| Nitrito (NO_2^-) | mg/L | Espectrofotométrico |
| Nitrato (NO_3^-) | mg/L | Espectrofotométrico |

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de la determinación de los parámetros físico-químicos en el año 2006

La tabla 2 muestra los resultados de los puntos muestreados a la entrada de la bahía que constituyen zonas de baño. Los análisis fueron realizados por triplicado encontrándose siempre los resultados alrededor de los valores medios que se reflejan en la tabla.

Tabla 2. Valores medios de los análisis químicos en los puntos muestreados a la entrada de la Bahía, que constituyen zonas de baño, en el año 2006

| <i>Parámetros / Puntos de muestreo</i> | <i>La Estrella</i> | <i>Barrio Técnico</i> | <i>Punta Gorda</i> | <i>Base de pesca El Níspero</i> | <i>Astilleros Damex</i> | <i>NC 25: 1999 Buena calidad</i> | <i>NC 25: 1999 Mala calidad</i> | <i>NC 22: 1999 Requisitos Higiénico Sanitarios</i> |
|--|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| pH (u) | 8,36 | 8,26 | 8,28 | 8,19 | 7,81 | 6,5-8,5 | < 5 | 6,1-8,9 |
| NO ₂ ⁻ (mg/L) | < 0,005 | 0,17 | 0,64 | 0,13 | 3,92 | < 0.1 | > 3 | - |
| NO ₃ ⁻ (mg/L) | 3,39 | 3,39 | 2,34 | 7,15 | 136,01 | < 10 | > 80 | - |
| NH ₄ ⁺ (mg/L) | 0,27 | 0,19 | < 0,05 | 0,18 | 1,10 | < 1 | > 3 | - |
| PO ₄ ³⁻ (mg/L) | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,11 | 0,15 | < 1 | > 3 | - |
| DBO ₅ (mg/L) | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | < 3 | > 8 | 3 mg |
| DQO (mg/L) | - | - | - | 11 | 11 | < 15 | > 30 | - |
| OD (mg/L) | 6,51 | 6,51 | 4,83 | 4,41 | 7,5 | > 5 | < 2 | - |
| S.S. (mg/L) | 175,5 | 123,8 | 126,6 | 106,9 | 132,5 | < 100 | > 300 | - |
| Turb. (mg/L) | 4 | - | 4 | 4 | - | - | - | NP |

Leyenda:

(NO₂⁻) Nitrito, (NO₃⁻) Nitrato, (NH₄⁺) Amonio, (S.S) Sólidos Suspendingidos, (DQO) Demanda Química de Oxígeno, (DBO₅) Demanda Bioquímica de Oxígeno, (PO₄³⁻) Fosfato, (Turb.) Turbiedad, (O.D) Oxígeno disuelto, NP: No presenta.

En la tabla 2 se aprecia que los valores medios de pH obtenidos para los puntos a la entrada de la Bahía son levemente alcalinos, también se observa que existe una elevada concentración de sólidos suspendidos (después de 10 minutos de asentamiento en el agua), además el agua alcanza un valor de turbiedad por encima de 1 mg/L, indicando que la misma presenta poca transparencia. La variación del contenido de oxígeno disuelto en agua de mar está acorde con los parámetros normados, además, los índices de DQO y de DBO₅ también reportan valores aceptables. Sin embargo, el contenido de nitrito obtenido en las zonas de Barrio Técnico, Punta Gorda y base de pesca El Níspero es mayor que 1, afectando la calidad del agua en las mismas, y en la zona de astilleros Damex este parámetro está fuera de rango, al igual que el contenido de amoníaco,

indicando que el agua de mar en esta zona es de mala calidad.

La tabla 3 muestra los resultados de los puntos muestreados al interior de la bahía en el 2006. En este caso también los análisis fueron realizados por triplicado encontrándose igualmente los resultados alrededor de los valores medios que se reflejan en la tabla.

Tabla 3. Valores medios de los análisis químicos en los puntos muestreados al interior de la Bahía en el 2006

| <i>Parámetros / Puntos de muestreo</i> | <i>Fábrica de Cemento</i> | <i>Astillero Fábrica de Harina</i> | <i>Punta Los Cocos</i> | <i>Espigón del Muelle Romero</i> | <i>NC 25: 1999 Buena calidad</i> | <i>NC 25: 1999 Mala calidad</i> | <i>NC 22: 1999 Requisitos Higiénico-Sanitarios</i> |
|--|---------------------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| pH (u) | 7,7 | 7,81 | 7,66 | 7,39 | 6,5-8,5 | < 5 | 6,1-8,9 |
| NO ₂ ⁻ (mg/L) | 0,03 | 3,92 | 0,05 | 1,06 | < 0,1 | > 3 | - |
| NO ₃ ⁻ (mg/L) | 3,55 | 136,01 | 3,02 | 3,11 | < 10 | > 80 | - |
| NH ₄ ⁺ (mg/L) | 0,26 | 1,10 | 0,22 | 0,91 | < 1 | > 3 | - |
| PO ₄ ³⁻ (mg/L) | < 0,1 | 0,396 | < 0,1 | < 0,1 | < 1 | > 3 | - |
| DBO ₅ (mg/L) | - | 4 | - | - | < 3 | > 8 | 3 mg |
| DQO (mg/L) | - | 11 | 5 | - | < 15 | > 30 | - |
| OD (mg/L) | 6,72 | - | 3,15 | 6,06 | > 5 | < 2 | - |
| S.S. (mg/L) | 45,6 | 0,5 | 67,4 | 99,1 | < 100 | > 300 | - |
| Turb.(mg/L) | - | - | 5 | - | - | - | NP |

En la tabla 3 se aprecia que las aguas del interior de la bahía conservan un pH dentro de los límites de calidad normados, sin embargo, son variables los resultados que se pueden observar del comportamiento de los nitritos y nitratos en toda la zona, presentando valores fuera de rango para el astillero de la Fábrica de Harina, afectando la pesca en esta zona. Por otra parte, en todo el recorrido de muestreo se mantuvo baja la concentración de sólidos suspendidos, y solo en Punta Los Cocos se puede apreciar cierto grado de turbidez en el agua de mar.

3.2. Resultados de la determinación de los parámetros físico-químicos en el año 2020

La tabla 4 muestra los resultados de los puntos muestreados a la entrada de la bahía en el año 2020. Los resultados de los análisis realizados por triplicado se encontraban alrededor de los valores medios que se reflejan en la tabla.

Tabla 4. Valores medios de los análisis químicos en los puntos muestreados a la entrada de la Bahía en el año 2020 Poner – en las casillas que están vacías

| <i>Parámetros / Puntos de muestreo</i> | <i>La Estrella</i> | <i>Base de pesca El Níspero</i> | <i>Astilleros Damex</i> | <i>Barrio Técnico</i> | <i>Punta Gorda</i> | <i>NC 25:1999 Buena Calidad</i> | <i>NC 25:1999 Mala calidad</i> | <i>NC 22: 1999 Requisitos Higiénico - Sanitarios</i> |
|--|--------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|
| pH (u) | 8,28 | 8,30 | 8,30 | 8,30 | 8,29 | 6,5-8,5 | < 5 | 6,1-8,9 |
| NO ₂ ⁻ (mg/L) | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | < 0,1 | > 3 | - |
| NO ₃ ⁻ (mg/L) | 1,56 | 4,97 | 1,61 | 1,82 | 4,12 | < 10 | > 80 | - |
| NH ₄ ⁺ (mg/L) | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | < 1 | > 3 | - |
| PO ₄ ³⁻ (mg/L) | 0,71 | 1,24 | 0,91 | 1,14 | 1,18 | < 1 | > 3 | - |
| DBO ₅ (mg/L) | 86 | 61,5 | 66,5 | 70 | 67 | < 3 | > 8 | 3 mg |
| DQO (mg/L) | 264 | 192 | 208 | 216 | 208 | < 15 | > 30 | - |
| OD (mg/L) | 3,6 | 4,2 | 4,4 | 4,0 | 4,0 | > 5 | < 2 | - |
| S.S. (mg/L) | 355,5 | 426 | 370,5 | 332 | 280 | < 100 | > 300 | - |
| Turb.(mg/L) | 0,36 | 0,2 | 0,36 | 0,24 | 0,2 | - | - | NP |

En la tabla 4 se puede observar que el pH se presenta ligeramente básico y el fosfato es inferior a 1,5 mg/L, valores comprendidos entre los límites de calidad normados; el contenido de sólidos suspendidos es elevado, presentando una variabilidad ascendente con relación a cada punto muestreado, aunque la turbiedad no alcanza el valor de 1 mg/L, indicando que el agua tiene buen grado de transparencia, algo que se ha relacionado al poco trasiego marítimo y la disminución de los niveles de producción en el período de pandemia. La variación del contenido de oxígeno disuelto se encuentra dentro de los parámetros de calidad normados, no siendo así para los valores obtenidos de DBO₅ y DQO, los cuales desfavorecen grandemente la calidad del agua.

La tabla 5 muestra los resultados de los puntos muestreados al interior de la bahía en el 2020.

Tabla 5. Valores medios de los análisis químicos en los puntos muestreados al interior de la Bahía en el 2020

| <i>Parámetros / Puntos de muestreo</i> | <i>Fábrica de Cemento</i> | <i>Astillero Fábrica de Harina</i> | <i>Punta Los Cocos</i> | <i>Espigón del Muelle Romero</i> | <i>NC 25: 1999 Buena calidad</i> | <i>NC 25: 1999 Mala calidad</i> | <i>NC 22: 1999 Requisitos Higiénico_ Sanitarios</i> |
|--|---------------------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| pH (u) | 8,21 | 8,82 | 8,33 | 8,30 | 6,5-8,5 | < 5 | 6,1-8,9 |
| NO ₂ ⁻ (mg/L) | 0,05 | 0,05 | 0,76 | 0,71 | < 0,1 | > 3 | - |
| NO ₃ ⁻ (mg/L) | 1,70 | 1,70 | 4,11 | 1,56 | < 10 | > 80 | - |
| NH ₄ ⁺ | 0,48 | 0,48 | 0,05 | 0,05 | < 1 | > 3 | - |

| | | | | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| (mg/L) | | | | | | | |
| PO ₄ ³⁻ (mg/L) | 1,24 | 2,74 | 1,31 | 1,51 | < 1 | > 3 | - |
| DBO ₅ (mg/L) | 54 | 39,5 | 47,5 | 58 | < 3 | > 8 | 3 mg |
| DQO (mg/L) | 184 | 125 | 150,5 | 153,5 | < 15 | > 30 | - |
| OD (mg/L) | 4,7 | 2,5 | 1,9 | 4,0 | > 5 | < 2 | - |
| S.S. (mg/L) | 285 | 254,5 | 359 | 567 | < 100 | > 300 | - |
| Turb. (mg/L) | 7,74 | 46,2 | 0,28 | 0,42 | - | - | NP |

En la tabla 5 se observa que el pH se mantiene dentro de los límites de calidad normados en la mayoría de los puntos evaluados, exceptuando la zona de astilleros de la Fábrica de Harina, donde el valor de pH está fuera de los límites; las concentraciones de nitrato y de fosfato no superan los 2 mg/L, valores aceptables. Por otra parte, la variación del contenido de oxígeno disuelto en agua no es estable, presentando menor índice en la zona de Punta Los Cocos, además, se nota un elevado incremento de la DBO₅ y la DQO, indicando que el agua de mar de estas zonas no es de buena calidad. También se observa que la zona de la Fábrica de Cemento posee un alto índice de turbiedad en sus aguas, siendo elevado en la zona de los astilleros de la Fábrica de Harina, además, los sólidos suspendidos en estas zonas son superiores a 250 mg/L, y aún mayor para las zonas de Punta los Cocos y el Espigón Romero, valores fuera de los parámetros normados, afectando desfavorablemente la calidad de sus aguas.

3.3. Análisis de la variabilidad de los resultados obtenidos entre el 2006 y el 2020

La contaminación de las aguas superficiales y marinas, constituyen un impacto ambiental negativo, derivado del manejo inadecuado de las aguas residuales.

En el 2006 las aguas de La Estrella, Barrio Técnico y Punta Gorda podían ser utilizadas como zona de baño, aun cuando presentaban cierto nivel de turbidez y de sólidos suspendidos. Mientras que en sentido general las aguas de la entrada de la Bahía podían usarse para la práctica de la pesca deportiva como actividad recreativa, a pesar de que la calidad del agua en todos los puntos no puede catalogarse como buena, principalmente en la zona del Astilleros Damex donde el contenido de nitrito y nitrato que existía permitía evaluar como mala la calidad del agua. Así mismo, se pudo clasificar el agua de mar como aceptable en todas las zonas muestreadas al interior de la bahía, excepto en el área de la Fábrica de Harina donde la calidad del agua no era buena. Solo los parámetros de nitrito, nitrato en Astilleros Damex y oxígeno disuelto, en la base de pesca El Níspero y Punta Gorda, mostraron valores ligeramente por encima de la norma en algún momento.

Los resultados obtenidos en el estudio del año 2020 son de gran importancia y preocupación, pues la Estrella, el Barrio Técnico y Punta Gorda constituyen zonas de baño para la población, por tanto, las características de sus aguas representan una alerta que debe ser atendida adecuadamente.

Hasta este momento, se puede considerar que las aguas de las zonas que se analizan

pueden emplearse para el baño, a pesar del alto contenido de sólidos suspendidos que posee. Sin embargo, se indica que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) de las aguas utilizadas para el baño, no será nunca mayor de 3 mg/L y en las tres zonas de baño que se analizan, superan en más de 22 veces el valor establecido, variando ascendentemente desde los 67 a los 86 mg/L, algo que denuncia la mala calidad del agua de la zona. La figura 2 refleja el comportamiento de la DBO_5 , DQO, OD, SS y la turbiedad, como los parámetros fuera de norma en la entrada de la bahía.

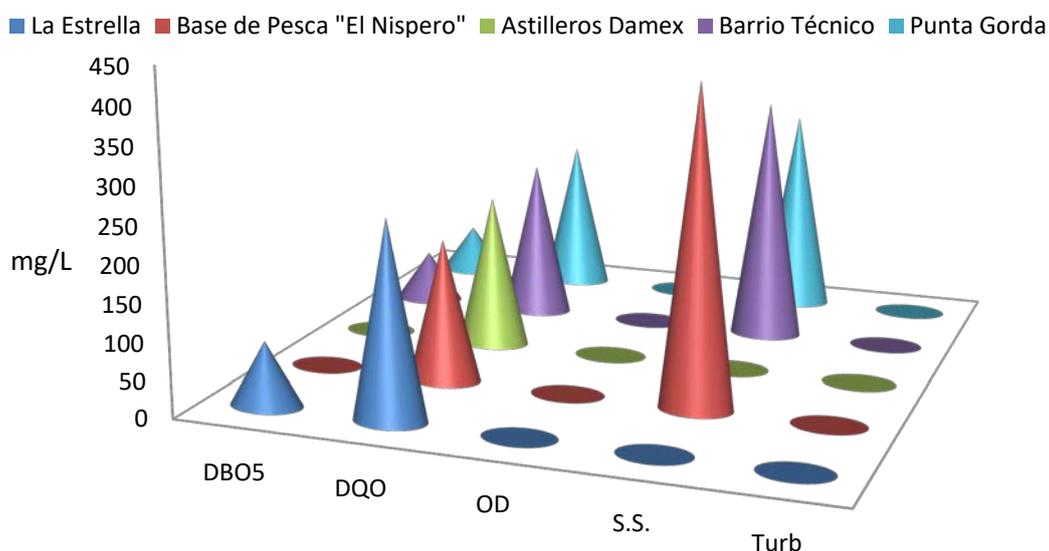


Figura 2. Comportamiento de los parámetros fuera de norma en la entrada de la bahía

Al interior de la bahía el análisis demuestra que solo el pH y los nitritos cumplen con las características de un agua marina de buena calidad para la pesca, mientras que el contenido de oxígeno disuelto presenta valores que indican calidad dudosa, y el resto de los parámetros indican claramente, la mala calidad del agua para cumplir con la mencionada actividad recreativa (figura 3).

Debido a la situación epidemiológica del Covid 19 en Cuba, hubo significativas reducciones de los niveles de producción en las diferentes industrias que vierten sus residuales a la Bahía de Santiago de Cuba. A pesar de ello, queda demostrado que estas plantas continúan influyendo negativamente en las características de las aguas de la bahía. Todo lo que se evidencia debido a que estos residuos presentan elevadas demandas químicas y bioquímicas de oxígeno y contienen elevadas concentraciones de fósforo, aceites, grasas, sólidos suspendidos.

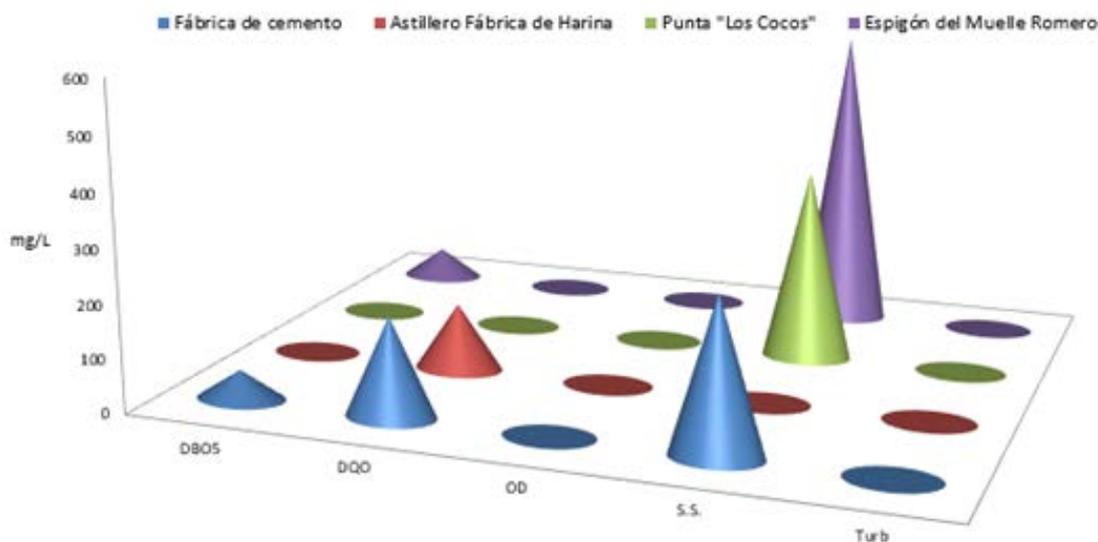


Figura 3. Comportamiento de los parámetros fuera de norma al interior de la bahía

Las características de las aguas residuales que fueron vertidas durante el 2020 implicaron mayor contaminación debido a que aún persisten muchas industrias sin sistemas de tratamiento y las pocas que disponen de ellos no han garantizado el mantenimiento adecuado de las mismas. Ejemplos de lo antes expuesto es lo demostrado por Arias-Lafargue y col., (2022) en relación con las consecuencias del inadecuado mantenimiento a plantas de tratamiento y lo demostrado por María-Díaz y col., (2022) sobre las modificaciones de los procesos y no disponer de sistemas de tratamiento.

4. CONCLUSIONES

La investigación demostró que:

1. En el 2006 las aguas de la playa La Estrella se podían usar como zona de baño y el resto de las zonas de la Bahía para la pesca recreativa, excepto la zona correspondiente a la Fábrica de Harina.
2. En el año 2020 las cifras obtenidas indican contaminación de las aguas a la entrada de la bahía destacándose un elevado contenido de sólidos en suspensión, coincidiendo con las características de las aguas del interior del cuerpo receptor, catalogadas como inapropiadas para la pesca; apreciándose que las características de las aguas de la Bahía en este año sufrieron un deterioro con respecto a los reportados en el 2006.

REFERENCIAS

- Arias-Lafargue, T., Caracterización de algunas de las principales fuentes contaminantes de la bahía de Santiago de Cuba y sus consecuencias en el medio ambiente., Tecnología Química, Vol. 28, No. 2, 2008, pp. 79 - 89. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382021000400064
- Arias-Lafargue, T., Rodríguez Heredia, D., y Córdova Rodríguez, V., Bahía de Santiago de Cuba. Indicadores de contaminación en su costa este., Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. 42, 2021, pp. 64-78. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680->

[03382021000400064&script=sci_arttext&tlng=en](https://doi.org/10.33820/2023.03.01)

- Arias-Lafargue, T., Álvarez-Monier, E., Bessy-Horruitiner, T., Córdova, V., y Rodríguez, D., Valoración del estado del sistema de tratamiento de residuales líquidos de una refinería de petróleo., *Revista Tecnología Química*, Vol. 42, No. 1, 2022, pp. 142 - 159. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v42n1/2224-6185-rtq-42-01-142.pdf>
- Fernández-Labrada, M.A., Rodríguez-Heredia, D., García-Ulacia, I., Santana-Gómez, M.A., y Córdova-Rodríguez, V., Comportamiento de la contaminación orgánica de la bahía de Santiago de Cuba., *Ciencia en su PC*, Vol. 42, No. 1, 2015, pp. 29-42. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181338814003.pdf>
- ISO 5667-9., Guía para el muestreo de aguas marinas., ISO 5667-3 Parte 3 Guía para la preservación y manipulación de las muestras, Ciudad de la Habana, Cuba, 1994, pp. 1-13.
- NC-22:1999., Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios., ICS: 13.020; 13.060, Primera Edición, Oficina Nacional de Normalización (NC) Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba, 1999, pp. 1-13. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20SDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/1999/NC%2022.PDF>
- NC-25:1999., Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones., ICS: 65.150; Primera Edición, Oficina Nacional de Normalización (NC) Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba, 1999, pp. 1-14. <https://docplayer.es/14437608-Nota-importante-inin-oficina-nacional-de-normalizacion.html>
- María-Díaz, A.R., Arias-Lafargue, T., Rodríguez Heredia, D., Bessy-Horruitiner, T., y Córdova, V., Evaluación de los residuales líquidos de la cervecera Hatuey en período de pandemia., *Tecnología Química*, Vol. 42, No. 1, 2022, pp. 160 - 173. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v42n1/2224-6185-rtq-42-01-160.pdf>
- Rodríguez-Heredia, D., Santana-Gómez, M., Creagh-Limia, B.R., Contaminación por grasas y aceites en zonas de baño de la bahía de Santiago de Cuba. Parte# 1: Determinación química., *Ciencia en su PC*, No 1, 2016, pp. 77-88. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181345819007/>
- Rodríguez-Heredia, D., y Santana-Gómez, M., Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la Bahía de Santiago de Cuba., *Tecnología Química*, Vol. 37, No. 2, 2017, pp. 339-348. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000200014
- Zambelli-Weiner, A., & Via, C., Meta-Analysis of Isotretinoin Use and Risk of Ulcerative Colitis. En APHA 2017 Annual Meeting & Expo (Nov. 4-Nov. 8). APHA, 2017. https://apha.confex.com/apha/2017/meetingapi.cgi/Paper/390884?filename=2017_Abstract390884.pdf&template=Word

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Estud. Sara Arias Zamora. Investigación, metodología, redacción-primer redacción.
 - M.Sc. Telvia Arias Lafargue. Gestión de proyectos, supervisión, validación, redacción-revisión y edición.
 - M.Sc. Dunia Rodríguez Heredia. Gestión de proyectos, supervisión, validación, redacción-revisión y edición.
 - M.Sc. Taimi Bessy Horruitiner. Gestión de proyectos, supervisión, validación, redacción-revisión y edición.
-