

Calidad físico- química y bacteriológica de las bahías de Puerto Padre y Nipe. Comparación con la bahía de La Habana.

Quality physical – chemical and bacteriological of Puerto Padre and Nipe bays. Comparison with Havana Bay.

MSc. Gómez D´Angelo Yamiris, Lic. Perez Lopez Lisse, Lic. Beltrán González Jesús, MSc. Pérez González Marlén, Lic. Ruiz Escobar Fernando.

Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas. Cimab. Carretera del Cristo No. 3, Tiscornia, Casablanca. Regla. La Habana. Email: yamiris@cimab.transnet.cu

Resumen

En este trabajo se evaluó la calidad físico química y bacteriológica del cuerpo de agua de las bahías de Puerto Padre (2011) y Nipe (2012). Los parámetros físico- químicos examinados fueron oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, amonio, ortofosfato disuelto y fósforo total. Como indicador bacteriológico de contaminación fecal se determinó los coliformes termotolerantes. Los resultados obtenidos se compararon con los valores medios detectados para la bahía de La Habana en el 2012 y con las concentraciones límites establecidas en la Norma Cubana NC 25: 1999 y NC 22: 1999. La calidad físico- química y bacteriológica de las bahías de Puerto Padre y Nipe, en sentido general, es satisfactoria. Se reconoce que es la bahía de La Habana el ecosistema más afectado desde el punto de vista ambiental y específicamente la estación ubicada en la ensenada de Atarés fue la que presentó un deterioro significativo de la calidad de sus aguas, debido a la gran cantidad de contaminantes que recibe por sus diferentes drenajes y fuentes terrestres de contaminación.

Palabras claves: coliformes termotolerantes, bahías, calidad físico-química y bacteriológica

Abstract

In this article the physical – chemical and bacteriological water quality of Puerto Padre (2011) and Nipe (2012) bays were evaluated. The physical – chemical parameters examined were dissolved oxygen, nitrates, nitrites, ammonium, dissolved orthophosphate and total phosphorus. The thermotolerant coliforms were determined as bacteriological indicator of fecal contamination. The results obtained were compared with the mean values detected in Havana Bay in 2012 and with the concentrations limits established in the Cuban Standard NC 25: 1999 and NC 22: 1999. The physical – chemical and bacteriological quality of Puerto Padre and Nipe bays, in general sense, is satisfactory. Havana Bay is recognized as the ecosystem more affected and specifically the station located at the Atares inlet was the one that presented a significant deterioration of the water quality, because of it receives a high quantity of contaminants from different drains and ground contamination sources.

Key words: thermotolerant coliforms, bays, physical – chemical and bacteriological quality

Introducción

La bahía de Puerto Padre es uno de los recursos naturales de la provincia Las Tunas. Entre los principales usos de la bahía se encuentra la pesca, el paisajístico y cuerpo receptor de residuales líquidos (Gómez, Martínez, Regadera y Beltrán, 2011).

La bahía de Nipe está ubicada en la costa Nororiental de Cuba, provincia de Holguín. Está considerada la bahía de bolsa más grande del mundo, con una superficie de 220 km². En la actualidad, la industria en la zona está muy deprimida y por tanto el peso de la contaminación no recae sobre el desarrollo industrial sino sobre los ríos que llegan a la bahía y fundamentalmente por la actividad urbana, la cual actúa sobre una infraestructura insuficiente y/o carente de

capacidad para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales generadas (Gómez, Ruiz y Beltrán, 2012).

La bahía de La Habana alrededor de los años 80 constituía una fuente de preocupación para las autoridades territorial y nacional, debido al serio detrimento de su entorno. El acelerado crecimiento económico en esa década provocó un descontrolado deterioro de la bahía. Sin embargo, mediciones recientes señalan mejoras en la calidad de sus aguas, a pesar de que reciben diariamente más de 300 mil metros cúbicos de residuales a través de ríos, drenajes pluviales, vertimientos industriales y eventuales descargas del alcantarillado de la ciudad (Grogg, 2007; García, Torres y Pérez, 2007).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto en el presente trabajo se proponen los siguientes objetivos:

1. Evaluar la calidad físico - química y bacteriológica de las bahías de Puerto Padre y Nipe mediante el análisis de indicadores físico - químicos y bacteriológicos en sus aguas superficiales.
2. Comparar los resultados anteriores con los valores obtenidos para la bahía de La Habana.

Materiales y Métodos

Los muestreos de la calidad de las aguas en las bahías de Puerto Padre y Nipe se llevaron a cabo en marzo 2011 y junio 2012, respectivamente. Los resultados alcanzados se compararon con los valores medios anuales obtenidos para la bahía de La Habana en el 2012. En las Figuras 1A, 1B y 1C se muestran la red de estaciones establecidas en cada una de las bahías.

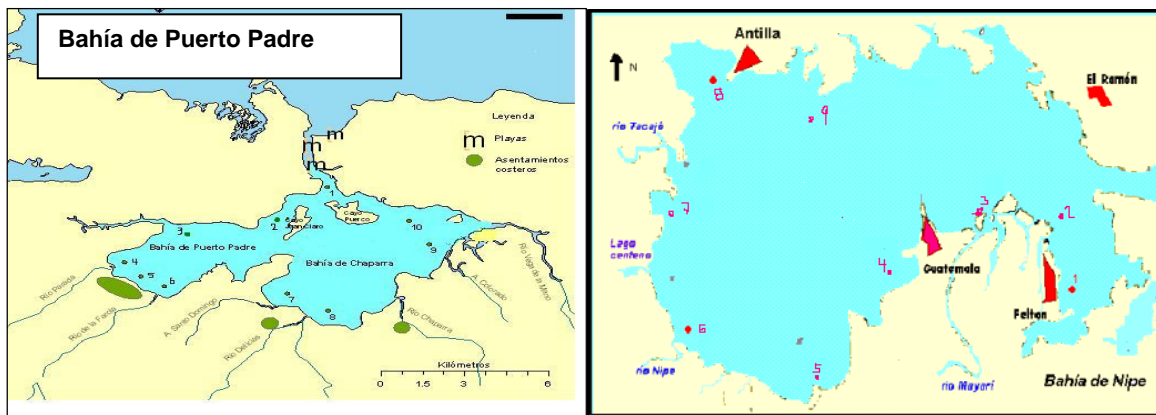


Figura 1A. Estaciones en la bahía de Puerto Padre. Stations in Puerto Padre bay. Figura 1B. Estaciones en la bahía de Nipe. Stations in Nipe bay.



Figura 2C. Estaciones en Bahía Habana. Stations in Havana Bay

Los parámetros físicos-químicos evaluados fueron: oxígeno disuelto (OD) según FAO (1975), nitratos (NO_3) (APHA, 1998), nitrógeno amoniacal (N-NH_4) (FAO, 1975), nitrito (NO_2), ortofosfato disuelto (PO_4) y fósforo total (PT) mediante el método colorimétrico (Grasshoff, Ehrhardt y Kremling, 2002).

Los resultados obtenidos se compararon con las concentraciones límites reportadas en la Norma Cubana NC 25: Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones (ONN, 1999a)

Los análisis microbiológicos, en la bahía de Puerto Padre, se realizaron solamente en las estaciones 4, 5 y 6 (Figura 1A), teniendo en cuenta los resultados alcanzados en el estudio de monitoreo realizado en el año 2007 (García *et al.*, 2007). En las bahías de Nipe y de La Habana, el indicador bacteriológico se determinó en todas las estaciones representadas en las Figuras 1B y 1C.

El indicador bacteriológico evaluado fue coliformes termotolerantes mediante la técnica del Número Más Probable (NMP) en serie de 5 tubos, según la metodología descrita en APHA (2006). Los resultados obtenidos se compararon con el valor límite para contacto indirecto reportado en la Norma Cubana NC 22: Requisitos higiénicos sanitarios para lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores (ONN, 1999b).

Resultados y Discusión

La calidad del agua, con relación a los valores de oxígeno disuelto (OD), en sentido general, se define como **calidad buena**, ya que en casi todas las estaciones de las tres bahías, los valores de este indicador para las aguas superficiales fueron superiores a 5 mg L^{-1} (Concentración límite reportada en la Norma Cubana NC 25 a partir de la cual se considera el agua de buena calidad). Se destacan la estación 4 (ensenada de Atarés) de la bahía de La Habana con una cifra de 4.24 mg L^{-1} y la estación 7 de la bahía de Puerto Padre que presenta condiciones de anoxia (ausencia total de oxígeno disuelto), clasificando el agua en estos puntos como **dudosa** y **mala**, respectivamente, según lo planteada en esta Norma (ONN, 1999a).

Estos resultados pudieran estar relacionados a la influencia que ejercen las aguas residuales que llegan a esas estaciones. La ensenada de Atarés recibe las mayores cargas orgánicas directas a través de los drenajes, por lo que la entrada de las aguas negras en esta estación ocurre de manera continua durante todo el año, contribuyendo significativamente al deterioro de la calidad de sus aguas (Beltrán, Pérez, Gómez y Regadera, 2013). En la estación 7 de la bahía de Puerto Padre se aprecia el impacto negativo del aporte de residuales del CAI Antonio Guiteras (área conocida como la zona muerta de la bahía), además también llegan los vertimientos de las aguas residuales de la destilería Antonio Guiteras y las aguas negras del poblado de Delicias. Estas condiciones justifican la disminución de los valores de oxígeno disuelto en esta zona, reflejando un deterioro de la calidad de sus aguas (Gómez *et al.*, 2011)

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de los compuestos nitrogenados (N-NH_4 , NO_3 y NO_2) y los valores límites a partir de los cuales el agua **no** se considera de **buena calidad**.

En las bahías de Nipe y Puerto Padre, el compuesto nitrogenado presente en mayor concentración son los aniones nitrato. De hecho en la bahía de Puerto Padre es el único detectable. En ambos ecosistemas, en la mayoría de las estaciones, las concentraciones de nitrato se encuentra en el intervalo reportado por la Norma Cubana NC 25 ($0.01 - 0.6 \text{ mg L}^{-1}$) que permite considerar el agua de **calidad dudosa** y en cuatro estaciones de la bahía de Puerto Padre (2, 3, 5 y 9) las concentraciones de este nutriente alcanzaron cifras que permiten clasificar el agua de **calidad mala**.

Existen varias fuentes exógenas que aportan nitratos al medio acuático. Entre ellas se encuentran las industrias que utilizan como materias primas compuestos de nitrógeno; tales como la urea y el fosfato de amonio, las actividades agropecuarias de la zona y también los drenajes que vierten aguas residuales urbanas e industriales. Además, puede estar presente la influencia de fuentes

naturales (ejemplo: edafología, escurrentía, entre otras) y prácticas de manejo de la tierra (drenaje e irrigación), que pueden afectar el movimiento del nitrógeno desde la tierra, creando un efecto regional y local sobre la calidad del agua (Gómez *et al.*, 2011). Todos estos factores pueden estar influyendo directa o indirectamente en las altas concentraciones de nitrato detectadas en esas bahías.

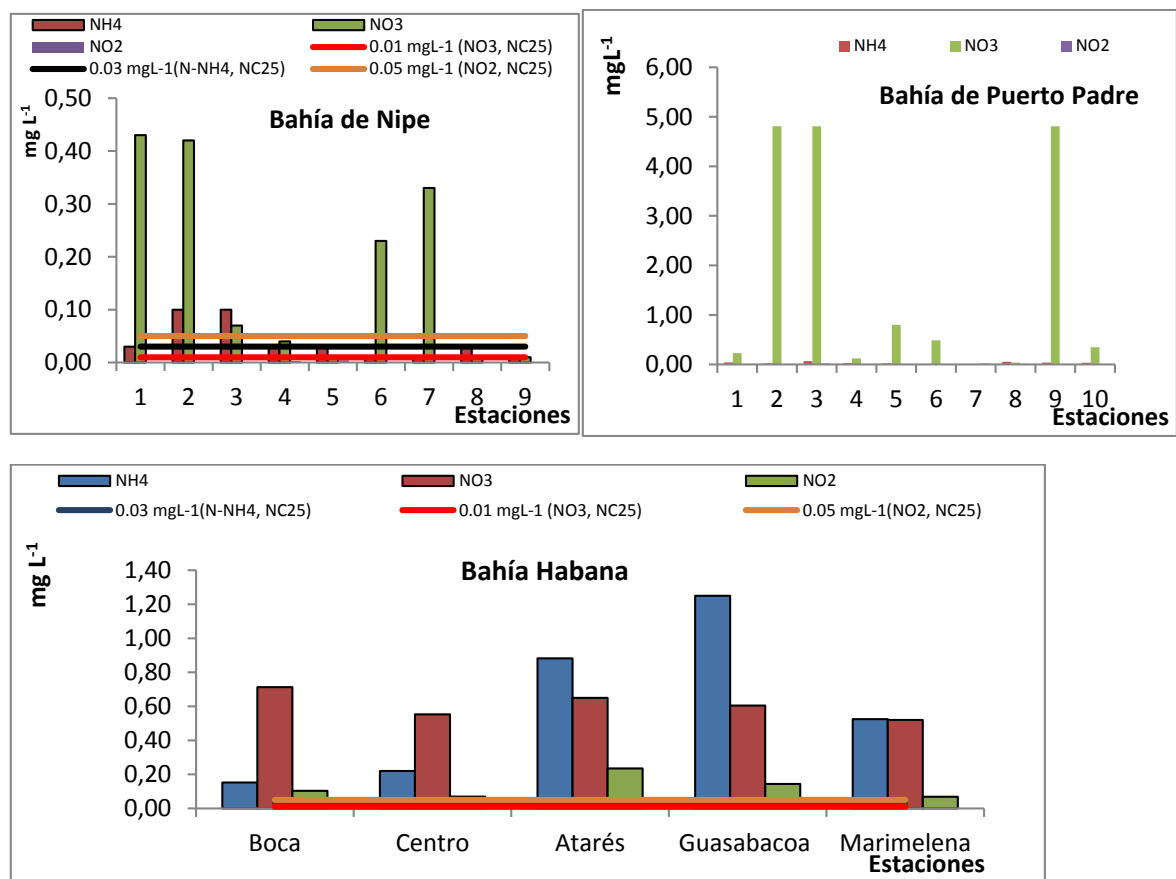


Figura 2. Concentraciones de los compuestos nitrogenados en las tres bahías en estudio. Concentrations of nitrogenated compounds in the three studied bays.

Con relación al amonio los valores fueron inferiores. Solamente en las estaciones 2 y 3 de la bahía de Nipe se reportan cifras que permiten clasificar el agua de **calidad mala**. En el resto de las estaciones de ambas bahías, los niveles detectados no reflejan un deterioro de la calidad del agua. El amonio es considerado habitualmente como nitrógeno procedente de la descomposición de materia orgánica y/o de la excreción producida por organismos, entre otras fuentes (López, Paredes, Alcaraz y Gilabert, 2010).

Las concentraciones de nitrito, en sentido general, fueron despreciables en estas dos bahías. Dentro de los compuestos nitrogenados, el nitrógeno de nitrito resulta un compuesto intermedio en las transformaciones químicas que tienen lugar en el medio marino en dependencia de las condiciones particulares de cada lugar. Esta pudiera ser una de las causas por las cuales sus concentraciones fueron ínfimas (Riley y Chester, 1978; López *et al.*, 2010).

En contraste a lo reportado anteriormente, los compuestos nitrogenados en Bahía Habana presentaron altas concentraciones, reflejando un deterioro de la calidad del agua en este ecosistema. Los valores de estos iones (nitrato, nitrito y amonio), en todas las estaciones, se encuentran en el intervalo que permite clasificar el agua de **dudosa y/o mala calidad**, según lo reportado en la Norma Cubana NC 25 (Figura 2).

La Figura 3 muestra los niveles de ortofosfato disuelto. En las bahías de Nipe y Puerto Padre se detecta una estación, en cada una de ellas, con concentraciones de ortofosfato disuelto igual o superior a 0.05 mgL^{-1} (valor a partir del cual **no** se considera el agua de **buena calidad** según lo reportado en la Norma Cubana NC 25 (ONN, 1999b). Este hecho se refiere a la estación 7 de ambas bahías, en las cuales se encontró un valor de 0.05 mgL^{-1} (bahía de Nipe) y 0.10 mgL^{-1} en la bahía de Puerto Padre respectivamente, calificándose el agua de **calidad dudosa** en ambos casos.

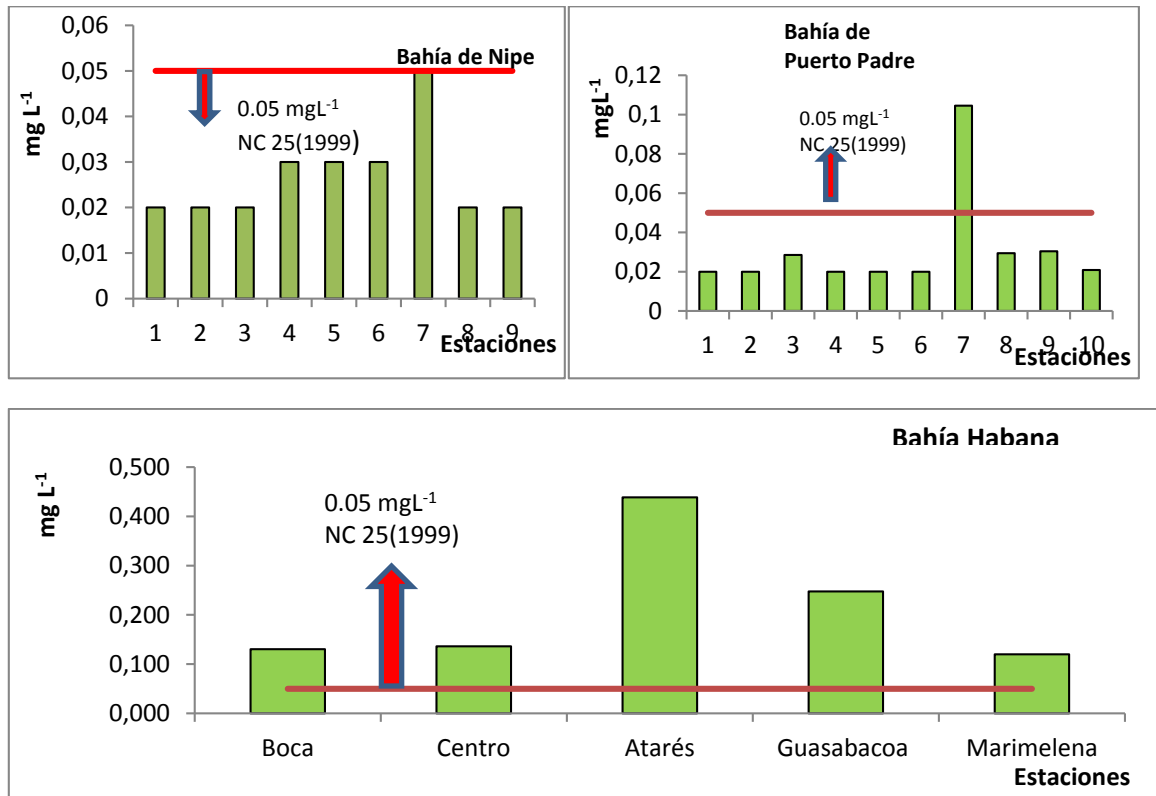


Figura 3. Concentraciones de ortofosfato disuelto en las tres bahías en estudio. Concentrations of dissolved orthophosphate in the three studied bays.

La estación 7 de la bahía de Puerto Padre se encuentra afectada directamente por los residuales industriales y domésticos. Como se citó anteriormente, esta área presenta condiciones de anoxia y es conocida como la zona muerta de la bahía, por lo que tales condiciones pueden incidir en los niveles detectados de ortofosfato disuelto. En el caso específico de la bahía de Nipe, la industria está muy deprimida por lo que los efectos de la contaminación, en su mayoría, no son el resultado de la actividad industrial, sino que ocurre fundamentalmente a través de los ríos y de la actividad urbana, esta última se apoya en una infraestructura insuficiente y/o carente de capacidad para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales generadas (Gómez *et al.*, 2012). La estación 7 de la bahía de Nipe se corresponde con la desembocadura del río Tacajo, por lo que las concentraciones de ortofosfato presentes en la misma se relacionan directamente con la influencia que ejerce el río en este punto.

En la bahía de La Habana, el ortofosfato disuelto presentó concentraciones superiores a las detectadas en las bahías de Nipe y Puerto Padre. Los niveles encontrados en las 5 estaciones permitieron evaluar el agua de **calidad dudosa** y **mala calidad** en el caso de la ensenada de Atarés (Ver Figura 3). Similar comportamiento se obtuvo con los compuestos nitrogenados (Ver Figura 2).

El fósforo total no aparece reportado en la Norma Cubana NC 25 (ONN, 1999a), para su evaluación se utilizan los criterios de Wheatland, Inste, Aag y Bruce (1971), el cual establece como índice para aguas limpias un valor de fósforo total de 0.07 mg L^{-1} y un valor de 0.24 mg L^{-1} , como indicativo de aguas eutróficas. Los valores de fósforo total (PT) fueron inferiores al límite de detección ($< 0.14 \text{ mg L}^{-1}$) del método analítico empleado en la totalidad de las estaciones de las bahías de Puerto Padre y Nipe.

Los valores de fósforo total hallados en la bahía de La Habana (datos no mostrados) permiten clasificar este ecosistema, según Wheatland *et al.* (1974) como un ambiente eutrófico, ya que las concentraciones detectadas fueron superiores a 0.24 mg L^{-1} .

La calidad bacteriológica de las aguas superficiales se evaluó mediante la cuantificación de coliformes termotolerantes como indicador de contaminación fecal. La Figura 4 muestra las concentraciones detectadas en las diferentes estaciones de las bahías en estudio.

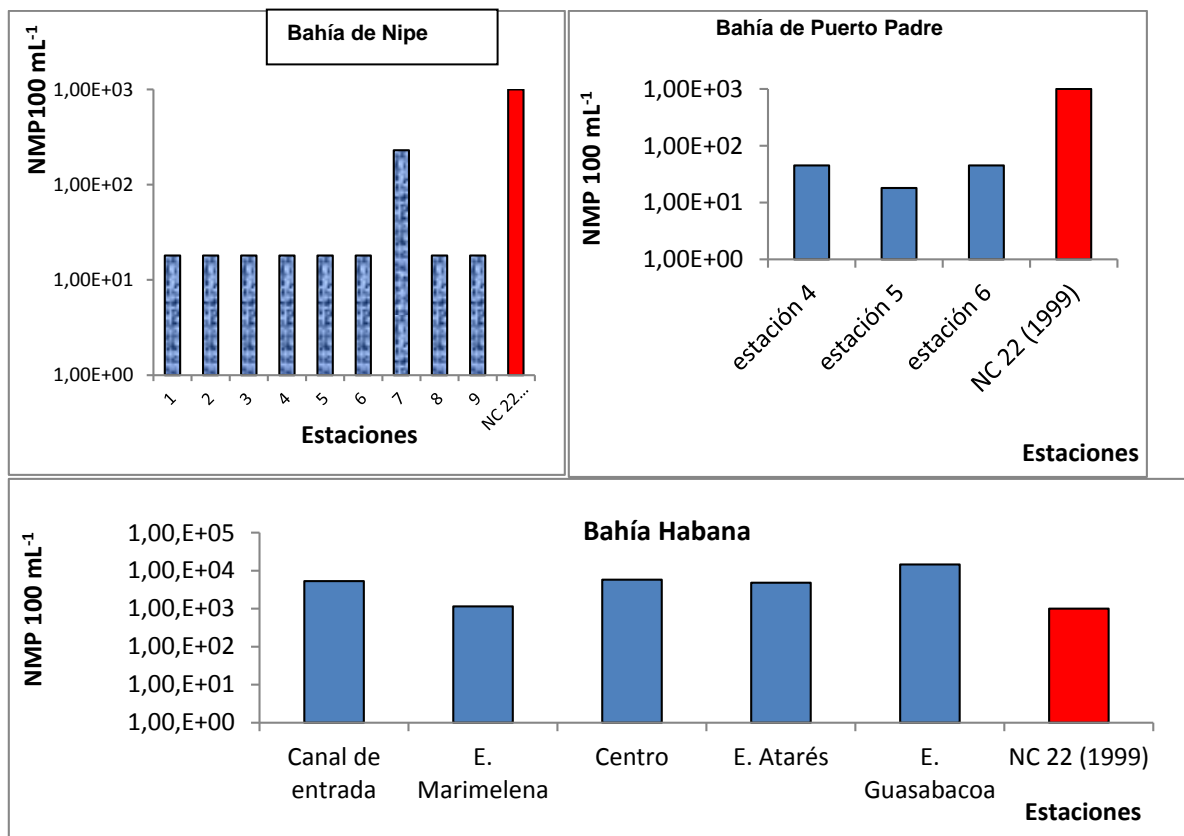


Figura 4. Concentraciones de coliformes termotolerantes en las tres bahías en estudio. Concentrations of thermotolerant coliforms in the three studied bays.

Los valores de coliformes termotolerantes se compararon con la concentración límite reportada en la Norma Cubana NC 22 para contacto indirecto, salpicaduras u oleadas, siendo el mismo de $1 \times 10^3 \text{ NMP 100 mL}^{-1}$ (ONN, 1999b). En las bahías de Nipe y Puerto Padre, los niveles de coliformes termotolerantes fueron inferiores a $1 \times 10^3 \text{ NMP 100 mL}^{-1}$ lo que representa que la calidad bacteriológica del agua es adecuada para el contacto indirecto, según su uso.

El valor más elevado de coliformes termotolerantes en la bahía de Nipe fue en la estación 7 (desembocadura del río Tacajo) con una cifra de $2.30 \times 10^2 \text{ NMP 100 mL}^{-1}$. En la bahía de Puerto Padre, los niveles más altos de este indicador se encontraron en las estaciones 4 y 6, siendo el mismo de $4.5 \times 10 \text{ NMP 100 mL}^{-1}$, para ambos casos. La estación 4 está ubicada en una zona que recibe la influencia de la contaminación proveniente de las aguas del río Parada, así como de

numerosos drenajes de la propia ciudad de Puerto Padre. De manera similar, la estación 6 se localiza en un punto cercano a la desembocadura del río Farola (Gómez *et al.*, 2011). Teniendo en cuenta estos aspectos, se infiere que la presencia de coliformes termotolerantes en estas estaciones se relaciona directamente con la influencia de las aguas residuales procedentes de los ríos y drenajes pluviales.

Las medias geométricas de coliformes termotolerantes en las cinco estaciones de la bahía de la Habana en el 2012 fueron superiores a 1×10^3 NMP 100 mL⁻¹. Esto demuestra que la calidad bacteriológica del agua de la bahía se mantiene comprometida desde el punto de vista sanitario.

La contaminación por aguas negras presente en la bahía de La Habana proviene fundamentalmente de fuentes terrestres de contaminación, que tributan a la misma, a través de los ríos y de los drenajes pluviales, lo cual ya había sido planteado en los estudios realizados en los años 90s en el Proyecto Regional del GEF "Estudio de caso Bahía de La Habana, Cuba" (GEF/PNUD, 1998).

De acuerdo a los resultados obtenidos, la calidad del agua de las bahías de Puerto Padre y Nipe, en el periodo de tiempo evaluado, se considera satisfactoria, ya que los parámetros de calidad examinados solamente presentaron alteraciones en estaciones puntuales. Sin embargo, la bahía de La Habana se considera el ecosistema marino más afectado desde el punto de vista ambiental, ya que los valores de los indicadores físico-químicos y los niveles de coliformes termotolerantes mostraron que en sentido general, la calidad ambiental de este acuatorio se encuentra comprometida. En particular, la zona correspondiente a la ensenada de Atarés presentó los mayores valores de nutrientes y de igual manera el indicador bacteriológico de contaminación fecal se detectó en elevadas concentraciones en este punto (Beltrán *et al.*, 2013).

El detrimento de la calidad del agua de algunos parámetros físico - químicos en estos ecosistemas se corresponde con la importancia económica y social que presentan estas bahías en el país.

En la bahía de La Habana se ubica el puerto más importante de Cuba y en sus alrededores se concentra el mayor desarrollo urbano e industrial de la isla. Estos factores influyen significativamente en el deterioro de sus aguas. Por su parte, las bahías de Nipe y Puerto Padre son puertos de menor importancia, alrededor de los cuales se asienta una densidad de población menor que alrededor de la bahía de La Habana; los usos actuales de estas bahías incluyen la actividad marítimo -portuaria e industrial y también en el caso de Nipe y Puerto Padre la pesca (Regadera, 2007; Ruiz, Solar, López, Regadera, Beltrán y Ramírez, 2007; Gómez *et al.*, 2011).

En sentido general, las principales afectaciones presentes, en mayor o menor medida, en los tres ecosistemas estudiados están vinculadas al efecto que ejercen las fuentes terrestres directas y difusas de contaminación marina.

Es por esto que se hace necesario rehabilitar, ampliar, reconstruir y modernizar las redes de acueducto y alcantarillado, así como la instalación de plantas de tratamiento de las aguas residuales; para lograr una reducción de la contaminación que llega a las zonas costeras, sobre todo a las bahías que tienen un limitado movimiento y renovación de sus aguas.

Conclusiones.

- La calidad ambiental de las bahías de Puerto Padre y Nipe, en sentido general es satisfactoria, debido a que solamente en estaciones puntuales se detectaron concentraciones alteradas de los parámetros evaluados según las Normas de referencia.
- El grado de deterioro de la calidad del agua en las bahías estudiadas se corresponde con la importancia económica y social que presentan estas bahías en el país.

- De las bahías estudiadas La Habana se considera la bahía más comprometida ambientalmente.

Bibliografía

- APHA WPCF-AWWA.1998. Standard Methodsfortheexamination of Water and WasteWater. American PublicHealth Association.20th Edition, 210 pp.
- APHA WPCF-AWWA. 2006.. Standard Methodsfortheexamination of Water and WasteWater. American PublicHealth Association.21th Edition, 210pp.
- Beltrán, J., Pérez, M., Gómez, Y. y Regadera, R. 2013. Control y evolución de la calidad ambiental de la Bahía de La Habana. Informe Final. Vigilancia ambiental para la Bahía de La Habana, Cuba. Cimab 71 pp.
- FAO. 1975. Manual of methods in Aquatic Environmental Research. Part.1. Methods in Aquatic Measurement and Monitoring of Water Pollution, FAO Fish. Tech. Pap., 137- 238 pp.
- García, E., Torres, I. y Pérez, M. 2007.Monitoreo de la Calidad Ambiental del ecosistema de la Bahía de Puerto Padre. Resultado 1. “Evolución y control ambiental del ecosistema marino de la Bahía de Puerto Padre”. Informe final. Cimab, 25pp.
- GEF/PNUD. 1998. Planificación y manejo ambiental de bahías y zonas costeras fuertemente contaminadas del Gran Caribe. Proyecto Regional: Estudio de caso Bahía de La Habana, Cuba. Informe final. Resultado 1.2: Rehabilitación de los fondos contaminados. Cimab, 153pp.
- Gómez, Y., Martínez, A., Regadera, R. y Beltrán, J. 2011. Monitoreo de la calidad ambiental de la Bahía de Puerto Padre. Informe Final. Cimab. 30 pp.
- Gómez, Y., Ruiz, F y Beltrán, J. 2012. Monitoreo de la calidad ambiental del ecosistema de la bahía de Nipe. Informe Final. Cimab. 27 pp.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M. y Kremling., K. 2002. Methods of Seawater Analysis. Third, completely revised and extended Edition, 600pp.
- Grogg,P.2007. Vuelven los peces a la Habana. Citado en: <http://www.tierramerica.net/2005/02/05/articulo.html>
- López, L., Paredes, A., Alcaraz, L. y Gilabert, J. 2010. Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. Jornadas de introducción a la investigación de la UPCT, No. 3, ISSN 1888-8356, 92-95 pp.
- ONN. 1999a. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Norma Cubana Obligatoria (NC 25: 1999). Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba, 13pp.
- ONN. 1999b. Requisitos higiénicos sanitarios en lugares de baño en costas y masas de aguas interiores. Norma Cubana. (NC 22: 1999). Oficina Nacional de Normalización, La Habana Cuba. 10 pp.
- Regadera, R. 2007. Evaluación de los estudios de calidad y dinámica de las aguas, fuentes contaminantes y análisis de usos realizados en las principales bahías de Cuba. Informe Final del Proyecto 30915. CIMAB. Cuba. 11 pp.
- Riley, J. A. y Chester, R. 1978. “Chemical Oceanography”. Academy Press, 2nd Edition Vol. 7, London, 647 pp.
- Ruiz, F., Solar, F., López, L., Regadera, R., Beltrán, J y Ramirez, M. 2007. Monitoreo de la calidad ambiental del Ecosistema de la Bahía de Nuevitas. Informe Final del Proyecto 263018. CIMAB, Cuba. 44 pp.
- Wheatland, A.B., Inste, A.M., Aag, A.R. y Bruce, A.M. 1971. Some observations on the dispersion of sewage from sea out falls UK. Wat. Pollut. Res. Lab. Ref. 452, 27pp.

