

Nitrógeno y fósforo en las aguas del Golfo de Batabanó, Cuba, entre los años 1999 y 2000.

Nitrogen and phosphorus in the Gulf of Batabano waters, Cuba, between 1999 and 2000.

José F. Montalvo*, Daysi Bárbara López García**, Eusebio Perigó*** y Miguel Blanco**

*Centro de Investigaciones Hidráulicas, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de la Habana, Cuba.

E-mail: montalvoe@cih.cujae.edu.cu

**Geocuba estudios marinos, Regla, Habana, Cuba.

***Playa Baracoa, Bauta, Artemisa, Cuba.

RESUMEN

En tres muestreos realizados al Golfo de Batabanó entre julio/1999 y agosto/2000, se cuantificaron los nutrientes inorgánicos amonio, nitratos más nitritos y fósforo, y nitrógeno total y fósforo total. A partir del ANOVA se realizaron comparaciones entre los muestreos, y se determinó el nivel de eutrofización en las aguas del golfo. Los nitratos más nitritos fueron la forma de nitrógeno inorgánico más abundante en la etapa y el nitrógeno total estuvo conformado fundamentalmente por nitrógeno orgánico, experimentando un incremento en el tiempo. El fósforo inorgánico y total mostró una gran variabilidad espacio-temporal, con valores muy altos en agosto/2000 ($1,16 \pm 1,04 \mu\text{mol/L}$ y $1,61 \pm 1,24 \mu\text{mol/L}$). El análisis de varianza entre los muestreos indicó que existieron diferencias significativas entre los mismos. El índice de eutrofización para los compuestos inorgánicos de nitrógeno dio en la mayoría de los casos valores entre 3 y 5, típicos de agua marina mesotrófica, aunque hubo zonas con valores <3 (oligotróficas). En el caso del fósforo inorgánico todos los valores fueron inferiores a 3, a pesar de que no fue un nutriente limitante para los productores primarios.

ABSTRACT

In three samplings carried out in the Gulf of Batabano between July 1999 and August 2000, the inorganic nutrients ammonium, nitrates + nitrites and phosphorus, total nitrogen and total phosphorus were quantified. From ANOVA, comparisons between samplings were done, and the level of eutrophication in the Gulf waters was determined. Nitrates + nitrites were the most abundant form of inorganic nitrogen in the period, and total nitrogen was mainly composed of organic nitrogen, experiencing an increase in time. Inorganic and total phosphorus showed a great space-time variability with very high values in August 2000 ($1,16 \pm 1,04 \mu\text{mol/L}$ y $1,61 \pm 1,24 \mu\text{mol/L}$). The variance analysis indicated that there were significant differences among samplings. The eutrophication index for inorganic nitrogen compounds showed values between 3 and 5 in most instances, typical of mesotrophic marine waters; although there were zones with values <3 (oligotrophic). In the case of inorganic phosphorus, all the values were lower than 3, in spite of the fact that it was not a limiting nutrient for primary producers.

Palabras clave: Golfo de Batabanó, nutrientes, eutrofización, agua de mar.

Key words: *Gulf of Batabano, nutrients, eutrophication, sea water.*

INTRODUCCIÓN

El golfo de Batabanó es una de las regiones de la plataforma marina cubana que más se ha estudiado en los últimos años. El desarrollo de la red fluvial en la zona es considerable, con numerosos ríos y riachuelos que aportan cantidades apreciables de nutrientes y contaminantes de origen doméstico, industrial y agrícola (Perigó *et al.*, 2000, Perigó Arnaud *et al.*, 2005 y 2005a; Martínez-Canals *et al.*, 2005; Losa *et al.*, 2007 y Montalvo *et al.*, 2010).

Existen signos de cambios perturbadores en las aguas costeras de todos los continentes. La serie de cambios, incluye las pérdidas de pastos marinos en algunas regiones, el aumento de la ocurrencia de eventos hipoxia/anoxia, la persistencia de los florecimientos de algas nocivas, destrucción de las comunidades pelágicas y bénticas, todos relacionados con el

enriquecimiento antropogénico de nutrientes en las aguas costeras (Jørgensen & Richardon, 1998 y Rabalais *et al.*, 2009).

Los aportes antropogénicos de nutrientes a las aguas costeras, crean una excesiva producción de algas, este proceso es conocido como eutrofización. El consumo por los microorganismos de oxígeno para degradar la materia orgánica, hacen que disminuyan los niveles de oxígeno en el agua entre 1-3. A esto se adiciona el incremento de la acidez, debido al dióxido de carbono producido durante la respiración microbiana (Cai *et al.*, 2011). No obstante, el incremento de la biomasa de fitoplancton asociado a la eutrofización trae como resultado un aumento del pH de la columna de agua debido al consumo de carbono inorgánico durante la fotosíntesis (Flynn *et al.*, 2015).

La descarga de nutrientes en las bahías a través de los ríos contaminados, influencia la eutrofización de las mismas y tiene un papel importante en la producción primaria de estos filtros (McGlathery *et al.*, 2007). La necesidad de implementar estrategias que permitan el manejo adecuado de las descargas de nutrientes, se hace necesario para el conocimiento correcto del problema de la eutrofización y sus consecuencias (Andersen & Conley, 2009).

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental por sus siglas en inglés COI, tiene un programa global de relacionado con la exportación de nutrientes por las aguas residuales a la zona costera, para lo que ha desarrollado modelos de transporte compuestos de nitrógeno, fósforo y carbono, inorgánicos disueltos, orgánicos y particulados, así como del vertimiento de silicio. Estos modelos tienen en cuenta tanto las fuentes de nutrientes naturales como las antropogénicas, que incluyen los fertilizantes, deposiciones atmosféricas, afloramientos, estiércol y aguas residuales), también la hidrología, el uso de la tierra y factores físicos (IOC/INF-1249, 2008).

La comunidad científica ha hecho grandes progresos en el conocimiento de la eutrofización y la estabilidad de las estructuras ecológicas, por ejemplo, a partir de los cambios en la biogeoquímica o la ecología de los ecosistemas estuarinos, que requiere una reducción de gran magnitud de las descargas de nutrientes que son vertidos en los mismos, con el fin de prevenir la eutrofización (Howarth *et al.*, 2011).

Para la clasificación del estado trófico de las aguas costeras, se necesita disponer de indicadores que respondan a procedimientos y sistemas armónicos (Pettine *et al.*, 2007 y Karydis, 2009). Entre los indicadores del estado trófico de la zona costera más usados, están el de nutrientes inorgánicos propuesto por Karydis *et al.* (1983), el Índice Trófico, por su abreviatura en inglés (TRIX), que utiliza los parámetros clorofila "a", saturación de oxígeno y compuestos inorgánicos y totales, de nitrógeno y fósforo (Vollenweider *et al.*, 1998). En regiones costeras tropicales y subtropicales del océano Pacífico se ha aplicado un índice que relaciona la DQO, nitrógeno total, fósforo total y clorofila "a" (Lin 1996).

El objetivo de este trabajo es evaluar los contenidos de compuestos inorgánicos y totales de nitrógeno y fósforo, en las aguas del Golfo de Batabanó entre los años 1999 y 2000, y mediante la metodología de Karydis *et al.* (1983), determinar el grado de eutrofización de las aguas, a partir de los nutrientes inorgánicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Al sur de la isla de Cuba se encuentra el Golfo de Batabanó (Fig. -1). Al norte limita con las costas de las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque y Matanzas y al sur con el conjunto de cayos del borde de la plataforma insular, perteneciente al Archipiélago de los Canarreos, incluyendo la Isla de la Juventud. Al este limita con la Península de Zapata y el Golfo de Cazones y al oeste con el Cabo Francés. El golfo tiene un área de 20850 km², su profundidad media de 6 m. Entre los ríos más importantes que desembocan en el golfo, están

Hatiguanico, Mayabeque, Majana, Tomate, La Coloma, y Las Casas (Diccionario Geográfico de Cuba, 2000 y Perigó Arnaud *et al.*, 2005).

Se realizaron tres muestreos entre julio del 1999 y agosto del 2000. En una red de 27 estaciones, donde se tomaron muestras de agua en los niveles de superficie y fondo. En las muestras se cuantificó el amonio (NH_4), nitratos más nitritos (NO_x) y fósforo inorgánico (PO_4), de acuerdo a IOC-UNESCO (1983), y nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) según las metodologías propuestas por el manual de la FAO (1975).

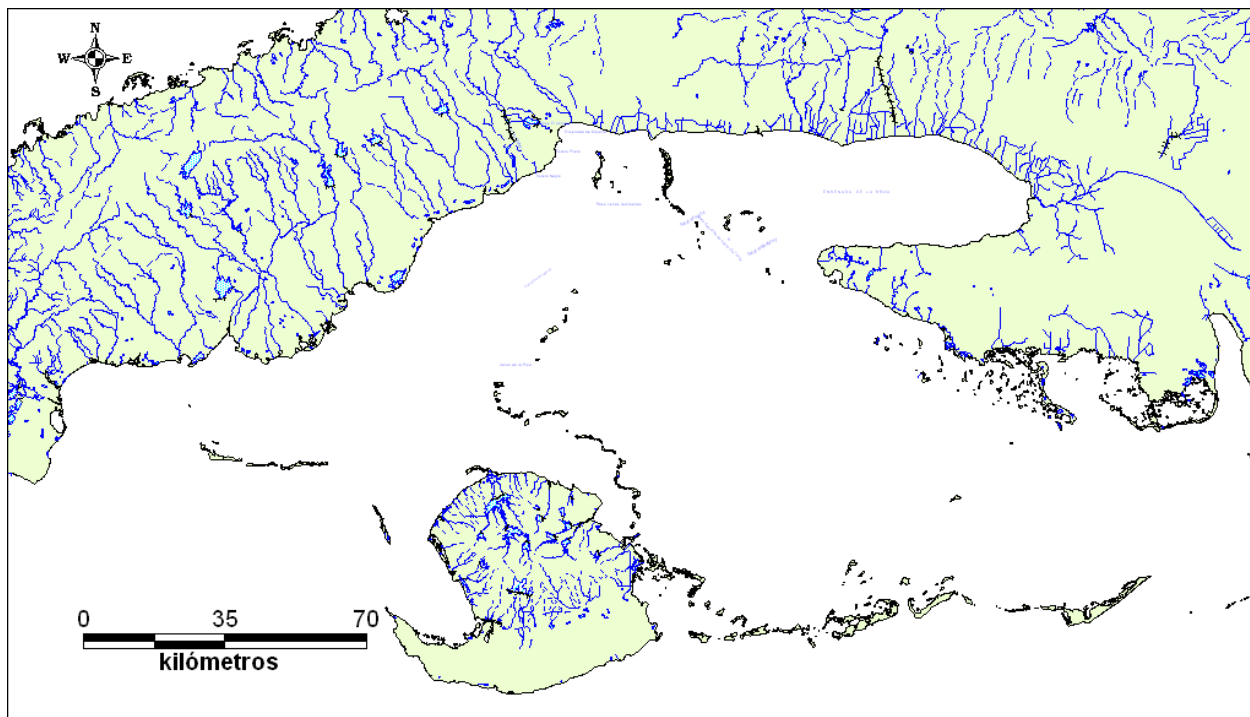


Figura 1. Zona de estudio (Golfo de Batabanó).

Figure 1. Study area (Gulf of Batabano).

Se determinó el índice de eutrofización asociado a los nutrientes inorgánicos NO_x , NH_4 , PO_4 , según la metodología propuesta por Karydis *et al.* (1983), cuya expresión es:

$$I = \frac{C}{C - \log x} + \log A$$

Donde: C es el log de la concentración total del nutriente en el área, $\log x$, es la concentración total del nutriente en cada estación de muestreo y $\log A$ (A = es el número de estaciones de muestreo).

Mediante el programa Microsoft Office Excel 2010 se realizó la estadística descriptiva, de los parámetros en cada muestreo y el ANOVA entre los muestreos. Por medio del programa Surfer 11 se confeccionaron los mapas de distribución horizontal del índice de eutrofización para nutrientes inorgánicos en el golfo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de nitratos más nitrito (NO_x) fueron superiores a las de amonio (NH_4) en los muestreos realizados en la época de lluvias de 1999 y en marzo 2000, y en el último muestreo fueron ligeramente inferiores a las de NH_4 (Tabla 1). En las zonas situadas entre los ríos Mayabeque y La Coloma, se encontraron los máximos de NO_x , y en las alledañas a las desembocaduras de los ríos Hatiguanico y Las Casas, las concentraciones de los compuestos de amonio fueron muy superiores a las del resto del golfo.

Tabla 1. Valores promedio, desviación estándar DE, mínimos y máximos de las concentraciones de los nutrientes nitratos más nitritos (NO_x), amonio (NH_4), nitrógeno total (NT), fósforo inorgánico (PO_4) y fósforo total (PT) en los muestreos realizados al Golfo de Batabanó en julio-agosto de 1999 (A), marzo del 2000 (B) y agosto del 2000 (C).

Table 1. Average values, standard deviation DE, minima and maxima of nutrient concentrations, nitrates + nitrites (NO_x), ammonium (NH_4), total nitrogen (TN), inorganic phosphorus (PO_4) and total phosphorus (TP) in the samplings carried out in the Gulf of Batabano in July-August 1999 (A), March 2000 (B) and August 2000 (C).

| | NO_x $\mu\text{mol/L}$ | NH_4 $\mu\text{mol/L}$ | NT $\mu\text{mol/L}$ | PO_4 $\mu\text{mol/L}$ | PT $\mu\text{mol/L}$ |
|----------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| A | | | | | |
| Promedio | 2,47 | 2,09 | 29,37 | 0,26 | 0,79 |
| DE | 2,79 | 2,24 | 14,09 | 0,14 | 0,19 |
| Mínimo | 0,24 | 0,05 | 6,57 | 0,06 | 0,54 |
| Máximo | 16,63 | 9,88 | 77,45 | 0,67 | 1,50 |
| B | | | | | |
| Promedio | 4,68 | 3,81 | 52,91 | 0,50 | 0,88 |
| DE | 7,25 | 3,39 | 32,12 | 0,59 | 0,74 |
| Mínimo | 0,06 | 0,05 | 3,30 | 0,13 | 0,41 |
| Máximo | 42,36 | 19,57 | 185,14 | 3,04 | 5,05 |
| C | | | | | |
| Promedio | 1,47 | 2,69 | 75,19 | 1,16 | 1,61 |
| DE | 2,28 | 2,07 | 28,23 | 1,04 | 1,24 |
| Mínimo | 0,05 | 0,05 | 29,20 | 0,05 | 0,31 |
| Máximo | 11,14 | 8,41 | 206,29 | 3,16 | 6,56 |

El nitrógeno total estuvo constituido fundamentalmente por nitrógeno orgánico y las concentraciones más altas, se encontraron en agosto/2000. La variabilidad fue grande en los tres muestreos (Tabla 1), por lo que su distribución espacial fue poco homogénea. En la época de lluvias las zonas con mayores tenores de nitrógeno fueron las ubicadas en la Ensenada de la Broa y las influenciadas por los ríos La Coloma y Las Casas, en la etapa climática poco lluviosa, las concentraciones en la porción oriental de la Ensenada de la Broa, fueron superiores que en las restantes áreas del golfo.

Las mayores concentraciones de fósforo inorgánico y total se encontraron en el crucero de investigaciones realizado en agosto/2000, con valores promedio $> 1 \mu\text{mol/L}$. En el muestreo realizado en la época de lluvias de 1999, la distribución espacial fue más homogénea de

acuerdo a los valores de la desviación estándar (DE), a diferencia de los estudios realizados en el año 2000, donde la DE fue muy similar y/o superior a la concentración media (Tabla 1).

A diferencia de los compuestos de nitrógeno los patrones de distribución espacial no tuvieron un comportamiento definido, en julio-agosto de 1999 las mayores concentraciones se encontraron alrededor de la Isla de la Juventud, en marzo/2000 la zona más rica en fósforo fue la cercana a la desembocadura del río La Coloma y en agosto/2000 en la Ensenada de la Broa, al sur de la Península de Zapata y el área cercana a la desembocadura del río Las Casas. Los ríos más contaminados y el escurrimiento de la Ciénaga de Zapata desempeñaron un importante papel en los aportes de fósforo al golfo. Las entradas de nitrógeno y fósforo a la zona costera son a través de la atmósfera, las descargas de aguas subterráneas y los acarreados por los ríos hacia los estuarios y también las actividades antropogénicas que han perturbado los flujos del nitrógeno, fósforo y silicio (Tappin, 2002 y Goa *et al.*, 2007).

El análisis de varianza (ANOVA) entre los cruceros arrojó que hubo diferencias significativas entre los mismos $F_{cal(32,3)} > F_{tab(3,00)}$, $\alpha = 0,05$). Las diferencias se asocian al incremento de las concentraciones de los compuestos inorgánicos y totales de nitrógeno y fósforo en el tiempo, relacionados con una mayor posible tasa de escurrimiento terrestre en agosto/2000 y a las descargas de aguas subterráneas en marzo/2000, sugerido por los valores de salinidad <36 en la Ensenada de la Broa y la zona bajo la influencia de las obras del Dique sur.

En la mayor parte de la zona evaluada del golfo los valores del índice de eutrofización (IN) para los compuestos oxidados de nitrógeno inorgánico NO_x , fueron inferiores a 3 (Fig. 2), umbral establecido por Karydis *et al.* (1883), para agua marina oligotrófica. Aunque, en la porción oriental de la Ensenada de la Broa, y las ubicadas entre las desembocaduras de los ríos Tomate y Majana prevalecieron los valores entre 3 y 5, característicos de agua marina mesotrófica, de acuerdo a la escala establecida por los autores del IN.

Los valores del IN más altos para el amonio se hallaron en las zonas bajo la influencia de los ríos Mayabeque, Majana, La Coloma y Las Casas, oscilando entre 3,0 y 3,5; en las restantes zonas del golfo estos fueron <3 (Fig. 3). Los bajos valores del IN para la forma reducida de nitrógeno inorgánico se asocian a que el amonio no fue la especie predominante de nitrógeno inorgánico, a diferencia de otras zonas de la plataforma marina cubana. En las bahías del Archipiélago Sabana-Camagüey, el amonio constituyó más de 50% del nitrógeno total inorgánico (Montalvo *et al.*, 2010) y en los golfos Ana María y Guacanayabo estudios recientes han demostrado que las concentraciones de NO_x fueron siempre algo mayores y/o muy similares a las de amonio (Betanzos Vega *et al.*, 2012 y González-De Zayas *et al.*, 2012).

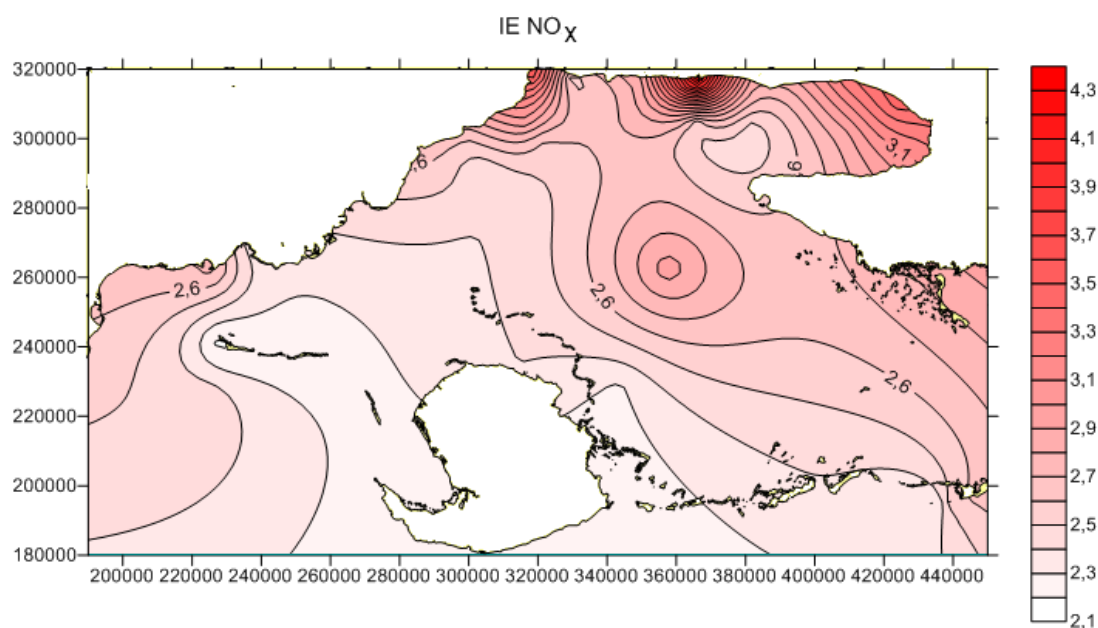


Figura 2. Distribución de los valores del Índice de Eutrofización para nitratos más nitrito (NO_x) en las aguas del Golfo de Batabanó entre los años 1999 y 2000.

Figure 2. Distribution of the values of the Eutrophication Index for nitrates + nitrites (NO_x) in the Gulf of Batabano waters between 1999 and 2000.

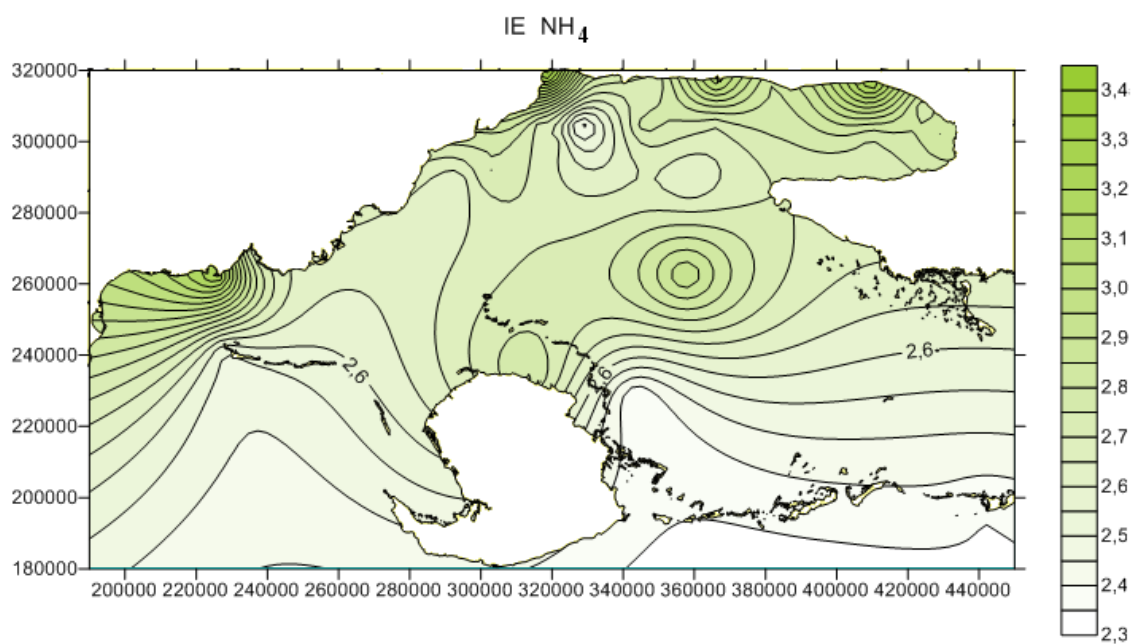


Figura 3. Distribución de los valores del Índice de Eutrofización para el amonio (NH_4) en las aguas del Golfo de Batabanó entre los años 1999 y 2000.

Figure 3. Distribution of the values of the Eutrophication Index for ammonium (NH_4) in the Gulf of Batabano waters between 1999 and 2000.

El fósforo inorgánico tuvo valores de $IN < 3$ en todo el golfo (Fig. 3). En las áreas cercanas a las desembocaduras de los ríos los valores fueron ligeramente mayores, aunque también correspondieron a agua marina oligotrófica.

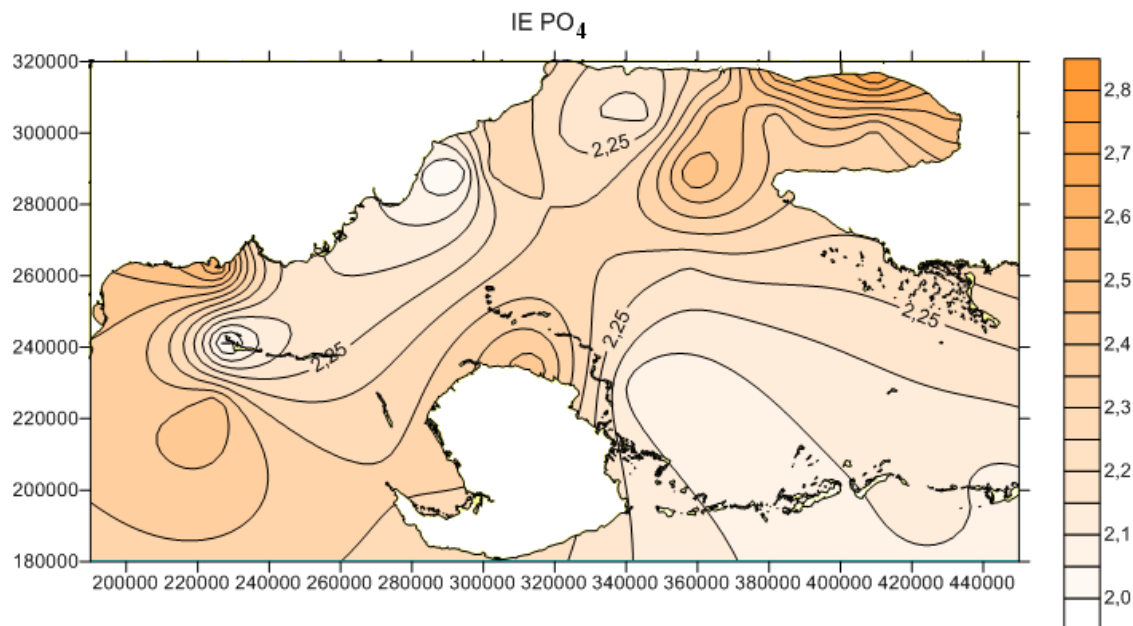


Figura 4. Distribución de los valores del Índice de Eutrofización para el fósforo inorgánico (PO_4) en las aguas del Golfo de Batabanó entre los años 1999 y 2000.

Figure 4. Distribution of the values of the Eutrophication Index for inorganic phosphorus (PO_4) in the Gulf of Batabano waters between 1999 and 2000.

El índice de eutrofización para nutrientes inorgánicos tuvo valores típicos de agua de mar mesotrófica y oligotrófica para los compuestos de nitrógeno inorgánico, y en el caso del fósforo inorgánico todos los valores correspondieron a agua marina oligotrófica. No obstante, en las zonas más cercanas a la desembocadura de los ríos los valores fueron más altos que los encontrados en la región central del golfo y en la periferia del mismo, debido a que los ríos que desembocan en el golfo a pesar de estar represados son la principal vía de entrada de nitrógeno y fósforo al mismo, unido a los flujos de aguas residuales de los poblados Surgidero de Batabanó, La Coloma y Nueva Gerona este último con una población de más de 60 000 habitantes y numerosas industrias que vierten sus aguas residuales en el río Las Casas. En las zonas central y cercana al cordón de cayos que constituyen la frontera sur, la presencia de nutrientes estuvo en función de los ciclos biogeoquímicos y el intercambio con las aguas del mar Caribe, pobres en compuestos biogénicos. El reducido número de monitoreos analizados pudo haber influido en los bajos valores del IN, generando una incertidumbre sobre todo en las zonas de marcada influencia antropogénica y las que reciben mayores aportes de los cuerpos de agua dulce.

Losa *et al.* (2007), al combinar indicadores biológicos y químicos para evaluar la calidad del agua en el Golfo de Batabanó, concluyeron que prevaleció el carácter mesotrófico y que la eutrofización sólo se puso de manifiesto en la zona litoral norte del golfo, la Ensenada de la Broa, suroeste de Galafre y noreste de Gerona.

Betanzos Vega *et al.* (2012) aplicaron este índice a un pequeño número de muestreos, en los golfos de Ana María y Guacanayabo, y obtuvieron resultados similares, clasificando las aguas de los mismos como oligotróficas y mesotróficas. En el Golfo de Batabanó las concentraciones de NO_x , NH_4 y PO_4 , siempre fueron superiores a los valores reportados por

Karydis (2009) para cuerpos de agua marina mesotróficos y eutrofizados en latitudes templadas y frías donde el índice es aplicado ampliamente. De acuerdo a Karydis (2009) la sensibilidad del índice se ve afectada por varios factores como la poca capacidad de discriminar los cambios en el enriquecimiento de nutrientes en ambientes impactados respecto a las variaciones naturales, y la distribución geográfica, siendo poco idóneo para aguas cálidas. Aunque permite comparar la calidad de las masas de agua en diferentes partes del mundo, siempre que el número de monitoreos sea grande.

CONCLUSIONES

Las áreas bajo la influencia de las corrientes fluviales fueron las más enriquecidas en compuestos de nitrógeno y fósforo.

El índice aplicado dio como resultado, que las aguas del Golfo de Batabanó, caen en las categorías de oligotróficas y mesotróficas, resultados que no pueden generalizarse debido al escaso número de muestreos.

REFERENCIAS

- Andersen, J. H. & Conley, D. J. (2009). Eutrophication in coastal marine ecosystems: towards better understanding and management strategies. *Hydrobiologia* 629,1–4
- Betanzos Vega, A., Garcés Rodríguez, Y., Delgado Miranda, G. & Pis Ramírez, M. A. (2012). Variación espacio-temporal de nutrientes y grado de eutrofización en aguas de los golfos de Ana María y Guacanayabo, Cuba. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras*. 4,117-130
- Cai, W.-J., Hu X., Huang, W.-J., Murrell, M. C., Lehrter, J. C., Lohren, S. E., Chou, W.-C., Zhai, W., Hollibaugh, J. T., Wang, Y., Zhao, P., Guo, X., Gundersen, K., Dai, M. & Gong G.-C. (2011). Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication. *Nature Geoscience*. DOI: 10.1038/NGEO1297. Recuperado en 21 de noviembre de 2015, disponible en: <http://www.nature.com/naturegeoscience>
- Diccionario Geográfico de Cuba. (2000). Ediciones Geo. Ciudad de la Habana- 1era edición. Págs 13-67
- FAO (1975). *FAO Fish. Tech. Pap. 137* Manual of methods in aquatic environment research. Part 1. Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution. 237 p.
- Flynn K J., Clark, D. R., Mitra, A., Fabian, H., Hansen, P. J., Glibert, P. M., Wheeler, G. L., Stoecker, D. K., Blackford J. C. & Brownlee, C. (2015). Ocean acidification with eutrophication will alter future phytoplankton growth and succession. *Proc. R. Soc. B* 282, 20142604. Recuperado en 21 de noviembre de 2015, disponible en: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2604>
- Goa, Y., Kennish, M. J. & McGuirk Flynn, A. (2007). Atmospheric nitrogen deposition to the New Jersey coastal water and its implications. *Ecological Applications. Supplement*. 17,31–41
- González-De Zayas, R., Lestayo González, J. A., Merino-Ibarra, M. & Castillo Sandoval, F. S. (2012). Condiciones hidroquímicas recientes de la zona central del golfo de Ana María, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 32,9-14.
- Howarth, R., Chan, F., Conley, D. J., Garnier, J., Doney, S. C., Marino, R. & Billen, G. (2011). Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems. *Front Ecol Environ*; 9,18–26, doi:10.1890/100008
- IOC-UNESCO (1983). Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and guides, No12. 52p.

- IOC/INF-1249. (2008). Intergovernmental Oceanographic Commission (of UNESCO) coastal eutrophication Linking nutrient sources to coastal ecosystem effects and management – the insertion of several UNESCO-IOC programmes related to nutrients. 10 p
- Jørgensen, B. B. & Richardon, K. (1998). Eutrophication in coastal marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*. 43,1018-1019
- Karydis, M. (2009). Eutrophication assesment of coastal water based on indicators: A literature review. *Global NEST Journal*, 11,373-390
- Karydis, M., Ignatiades, L. & Moschopoulou, N. (1983). Index associated with nutrient eutrophication in the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 16,339-344.
- Lin, R. (1996). Review of assessing methods for coastal eutrophication. *Marine Environmental Science* 15,28–31.
- Losa, S., Lugioyo, M., Martínez, M., Miravet, M. E., Motalvo, J. & Sánchez, M. (2007). Evaluación de la calidad de las aguas del Golfo de Batabanó a partir de indicadores químicos y biológicos. *Rev. Invest. Mar.* 28,111-120
- Martínez-Canals, M., Miravet M. E., Montalvo J. F., Lugioyo M., Loza S., Pérez R., García I., Rodríguez A., César M. E., Esponda S., Sánchez M. & Delgado, Y. (2005). Calidad ambiental de la zona costera N del Golfo de Batabanó. *II Simposio Internacional “Manejo de Ecosistemas Costeros”*. Julio 2005.
- McGlathery, K. J., Sundbäck, K. & Anderson, I. C. (2007). Eutrophication in shallow coastal bays and lagoons: the role of plants in the coastal filter. *Marine Ecology Progress Series*. 348,1–18
- Montalvo, J. F., Perigó, E., Martínez, M., García, I., Esponda, S. C., Cesar, M. E., García, R., I López, D. García, N. & Blanco, M. (2010). Compuestos de nitrógeno y fósforo en las aguas superficiales de tres zonas de la plataforma marina cubana. *Serie Oceanológica*. No. 7,27-36 ISSN 2072-800x. <http://oceanologia.redciencia.cu/>
- ONE. (2008). Oficina Nacional de Estadísticas. *Medio ambiente. Estadísticas en la revolución*. Cuba, colección estadística. 177 p.
- Parson, S.T.R., Maita, & Lali, W. J. (1985). *A Manual Chemical and Biological methods for seawater analysis*. Pergamon Ed.
- Perigó, E.; Montalvo, J. F.; Penié, I.; Rodas, L.; Martínez, M.; Pérez, R.; Espinosa, J. y J. Simanca. (2000). Calidad ambiental en zonas litorales y arrecifes coralinos del Golfo de Batabanó y de los estuarios de río Las Casas y La Coloma. CD ROM Memorias del V Congreso de Ciencias del Mar MARCUBA 2000
- Perigó Arnaud, E., Montalvo Estévez, J. F., Martínez Canals, M., Ramírez Etout, O., Suárez Álvarez, G., Simanca Cárdenas, J Aída Margarita Perigó Hernández, A. M., Martínez Ballón, C & Pérez Sayas, D. M. (2005) Presiones Antropogénicas y su relación con la Calidad Ambiental de la Ecoregion del Golfo de Batabanó. Impactos y Respuestas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 36, No. Especial, 2005. 8 p
- Perigó Arnaud, E., Ramírez Stout, O., Montalvo Estévez, J. F., Suárez Álvarez, G. & Niévares Pérez, A. (2005a). Presiones Antropogénicas Relacionadas con el Comportamiento, Hidrodinámica, Flujos e Intercambios de Compuestos Biógeno en el Estuario del Río las Casas. Isla de la Juventud, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 36, No. Especial, 2005. 10 p
- Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F. & Pagnotta, R. (2007). A revisitation of TRIX for trophic status assessment in the light of the European Water Framework Directive: Application to Italian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin* 54,1413–1426

- Rabalais, N. N., Turner, R. E., Díaz, R. J. & Justić, D. (2009). Global change and eutrophication of coastal waters. – *ICES Journal of Marine Science*, 66,1528–1537.
- Smith, V. H., Joye, S. B. & Howarth, R. W. (2006). Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*. 51,351–355
- Tappin, A. D. (2002). An Examination of the Fluxes of Nitrogen and Phosphorus in Temperate and Tropical Estuaries: Current Estimates and Uncertainties. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 55,885–901
- Vollenweider, R. A., Giovanard, F. Montanari, G. & Rinaldi, A. (1998). Characterization of the trophic conditions of marine coastal water with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 9,329-357