



Compuestos de nitrógeno y fósforo en las aguas superficiales de tres zonas de la plataforma marina cubana

Nitrogen and phosphorus compounds in surface water in three zones of Cuban marine shelf

José Francisco Montalvo¹, Eusebio Perigó¹, Marta Martínez¹, Ileana García¹, Santa C Esponda¹, María Eugenia Cesar¹, Raudel García¹, Daysi López², Nora García³ y Miguel Blanco²

1. Instituto de Oceanología. Calle 1era # 18406, Reparto Flores, Playa, Ciudad de la Habana, Cuba. montalvo@oceano.inf.cu
2. Geocuba Estudios Marinos. Regla, Ciudad de la Habana, Cuba.
3. Estación de Monitoreo de Ecosistemas Costeros de Caibarién. Villa Clara, Cuba.

Resumen

Entre los años 1990 y 1991 se estudió el Golfo de Guacanayabo, desde 1998 hasta 2003 se evaluó el Golfo de Batabanó y el Archipiélago Sabana Camagüey fue investigado en la etapa 2001-2005, con el objetivo de evaluar los contenidos de nitrógeno y fósforo en estas tres regiones de la plataforma marina cubana y establecer las relaciones existentes entre ambos nutrientes. Los golfos de Guacanayabo y Batabanó poseen un mayor potencial de nitrógeno y fósforo que el ecosistema costero Sabana-Camagüey, debido al menor desarrollo de la red fluvial en este ecosistema, aunque en las tres regiones las concentraciones de estos compuestos están bajo una acentuada influencia antropogénica. La relación nitrógeno total-fósforo total N.T./P.T., mostró una tendencia a decrecer en regiones con cobertura de pastos marinos, atribuido a las cantidades de fósforo que aportan los mismos a la matriz agua, aunque predominaron los valores en que ninguno de los nutrientes es restrictivo y a diferencia de la relación nitrógeno total inorgánico-fósforo inorgánico NTI/P no tiene un patrón bien definido en los diferentes períodos climáticos.

Abstract

The Gulf of Guacanayabo was studied in 1990 and 1991. The Gulf of Batabanó was evaluated from 1998 to 2003, and Sabana-Camagüey Archipelago was investigated in the stage 2001-2005. The objective of these researches was to evaluate nitrogen and phosphorus contents in these three regions of Cuban marine shelf and to establish the relations existing between both nutrients. The gulfs of Guacanayabo and Batabanó have a greater nitrogen and phosphorus potential than Sabana-Camagüey coastal ecosystem, due to the lesser development of the fluvial network in this ecosystem; although in the three regions the concentrations of these compounds receive a marked anthropogenic influence. The total nitrogen-total phosphorus ratio, N.T./P.T., showed a tendency to decrease in regions with seagrass cover, attributed to the amounts of phosphorus that this biotope contributes to the water matrix, although the predominant values were those in which none of the nutrients is restrictive, and unlike the total inorganic nitrogen-inorganic phosphorus ratio, NTI/P, it does not have a well-defined pattern in the different climatic periods.

Palabras claves: nitrógeno, fósforo y eutroficación

Keywords: *nitrogen, phosphorus and eutrophication.*



INTRODUCCIÓN

La plataforma marina cubana se divide en cuatro sectores, el primero de ellos la zona "A" se localiza en la costa sur oriental del país constituida por los Golfos de Guacanayabo y Ana María, la segunda región conocida como zona "B", se ubica en la costa suroccidental de Cuba asentada en el Golfo de Batabanó, la tercera región denominada zona "C", es la de menor extensión y está situada en la costa noroccidental del país (Norte de la provincia de Pinar del Río) y por último, la zona "D" está formada por el Archipiélago Sabana Camagüey (ASC).

Desde los años 60 del siglo pasado hasta nuestros días, se han realizado numerosos estudios relacionados con la caracterización química de las aguas de la plataforma marina cubana. Los reportes de Lluís-Riera (1972 y 1983 y 1984) solo incluían los parámetros salinidad, oxígeno disuelto, nitratos, nitrito, fosfato y silicato.

El Golfo de Batabanó es el área de la plataforma marina de mayor importancia pesquera del país, y por tanto la más estudiada. Los primeros estudios hidroquímicos fueron realizados por Lluís-Riera (1972 y 1983), mientras que Basu, Suárez, Perigó, Vázquez y Quintero (1975) evaluaron los principales focos de contaminación de la zona, y entre 1998 y 1999, se evaluó el grado actual de afectación por metales pesados en el golfo (Martínez, Perigó, Pérez, García, Montalvo y Lorente, 1999).

Investigaciones más recientes sobre la calidad químico ambiental del Golfo, indican que las aguas poseen cantidades considerables de materia orgánica de naturaleza fácilmente biodegradable y compuestos de los ciclos del nitrógeno y fósforo, sin embargo, hay poca información sobre las relaciones nitrógeno-fósforo (Montalvo, Perigó, Espinosa y García, 2000; Perigó, Martínez-Canals, Montalvo, Pérez *et al.*, 2000; Montalvo, Perigó, Rodas, García, Pérez, Niévares, Esponda, Peón y Cesar, 2001; Montalvo y Perigó, 2002).

Las investigaciones sistemáticas de la llamada zona "D" o nororiental de la plataforma marina cubana ASC, comenzaron en la década de los años setenta del pasado siglo. Lluís Riera (1981) realizó el primer estudio sistemático de algunos factores físicos y químicos, que permitieron conocer las características hidrológicas de las bahías Cárdenas, Puerto de Sagua la Grande y San Juan de los Remedios y el borde exterior de la cayería. Entre los años 1988 y 1990 el Estado cubano ejecutó una serie de estudios en los cayos Sabinal, Guajaba, Romano, Guillermo, Coco, Paredón Grande, Francés, Cobos, Las Brujas, Ensenachos y Santa María. Estas investigaciones se conocen como "Estudios de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos" (ACC e ICGC, 1990 a,b,c), y sirvieron de base para el proyecto Sabana-Camagüey que comenzó a fines de 1993. Los estudios más integrales de esta zona se han realizado dentro de los marcos de los proyectos GEF/PNUD CUB/98/G31 y GEF/PNUD CUB/98/G32 y publicados por Alcolado, García, y Espinosa (1999) y Alcolado, García y Arellano-Acosta (2007).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de nitrógeno y fósforo en las zonas de la plataforma marina cubana, Golfo de Guacanayabo, Golfo de Batabanó y la macrolaguna del Archipiélago Sabana-Camagüey y establecer las relaciones existentes entre estos compuestos biógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos muestreos al Golfo de Guacanayabo entre 1990 y 1991, cinco campañas en el Golfo de Batabanó desde 1998 hasta 2003 y tres cruceros al Archipiélago Sabana

Camagüey (ASC) en la etapa 2001-2005. Las redes de estaciones de muestreo se representan en la Fig. 1.

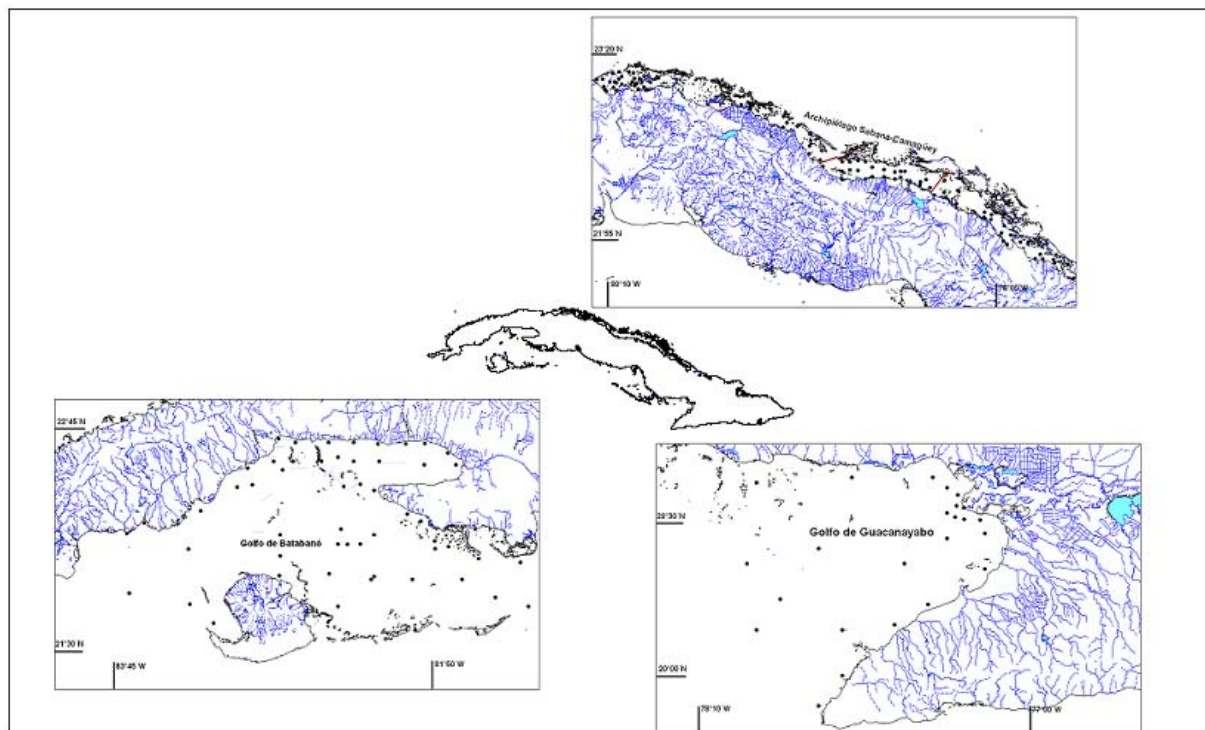


Figura 1. Zonas de la plataforma marina cubana objeto de estudio.

Figure 1. Zones of Cuban marine shelf object of study.

Se tomaron muestras de agua en el nivel superficial con una botella Nassen, y se depositaron en frascos de PVC de 1 L de capacidad, estas permanecieron en congelación hasta ser procesadas en el laboratorio. Se cuantificó nitratos más nitrito NO_x (IOC-UNESCO, 1983), amonio (FAO, 1975), nitrógeno total N.T. (FAO, 1975), fósforo inorgánico (IOC-UNESCO, 1983) y fósforo total P.T. (FAO, 1975). El nitrógeno total inorgánico NTI, se calculó por la sumatoria de las concentraciones de NO_x y amonio, y el nitrógeno orgánico N.O. por diferencia entre el nitrógeno total y el NTI.

Se realizó estadística descriptiva, el análisis de regresión lineal para calcular las relaciones nitrato más nitrito-fosfato NO_x/P , nitrógeno total inorgánico-fosfato NTI/P y nitrógeno total-fósforo total $\text{N.T.}/\text{P.T.}$ y los gráficos de distribución de las variables, mediante los programas Excel 2003 y Statistica 7.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Golfo de Guacanayabo las formas oxidadas de nitrógeno inorgánico (nitratos más nitrito) tuvieron concentraciones mayores que el amonio, aunque la variabilidad de ambas especies fue alta (Tabla 1). El predominio de las formas oxidadas de nitrógeno inorgánico pudiera estar relacionado con los aportes de los ríos que llegan al golfo.

En el Golfo de Batabanó los nitratos más nitrito no fueron la forma predominante de nitrógeno inorgánico y sus concentraciones mostraron una gran variabilidad, el amonio representó el 62% del nitrógeno total inorgánico, la presencia de nitrógeno inorgánico en esta ecorregión de la plataforma marina cubana se asocia a los aportes fluviales, las descargas de aguas subterráneas, los escurrimientos de la Ciénaga de Zapata y el vertimiento de aguas residuales en la línea de costa.

Las áreas urbanas y agrícolas ubicadas en la zona costera aportan al mar montos considerables de nitrógeno y fósforo, estos se incrementan constantemente y a mediados de siglo contribuirán con el 15% del nitrógeno antropogénico que llega al mar (Jansson y Colding, 2007).

Tabla –1 Concentraciones medias, desviación estándar DE, mínimos y máximos de los compuestos nitratos más nitrito NO_x , amonio NH_4 , nitrógeno total inorgánico NTI, nitrógeno orgánico N.O., nitrógeno total N.T., fósforo inorgánico P.I. y fósforo total en las zonas de la plataforma marina cubana objeto de estudio (expresadas en $\mu\text{mol L}^{-1}$).

Table -1 Mean concentrations, standard deviation DE, minima and maxima of the compounds nitrates plus nitrito NO_x , ammonium NH_4 , total inorganic nitrogen NTI, organic nitrogen N.O., total nitrogen N.T., inorganic phosphorus P.I. and total phosphorus in the zones of Cuban marine shelf object of study (expressed in $\mu\text{mol L}^{-1}$).

		NO_x	NH_4	NTI	N. O.	N. T.	P.I.	P.T.
Golfo de Guacanayabo	Media	4,69	1,81	6,50	46,31	52,81	0,71	1,54
	DE	4,29	1,52	5,21	29,38	32,19	0,70	1,10
	Mínimo	0,56	0,06	1,86	1,11	11,11	0,05	0,35
	Máximo	25,25	5,36	29,32	130,37	159,69	3,62	4,93
Golfo de Batabanó	Media	2,09	2,77	4,44	44,67	49,11	0,75	1,23
	DE	2,72	2,15	3,77	25,45	25,16	0,84	1,06
	Mínimo	0,05	0,16	0,05	1,95	6,18	0,06	0,16
	Máximo	16,63	9,24	20,09	130,99	135,92	2,96	6,56
Archipiélago Sabana Camagüey	Media	0,81	2,91	3,68	39,35	43,06	0,22	0,89
	DE	0,80	3,32	3,53	39,69	41,77	0,74	1,21
	Mínimo	0,05	0,05	0,36	0,96	2,89	0,03	0,10
	Máximo	4,68	20,32	21,49	294,20	310,45	8,88	12,01

En la macrolaguna del Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC), el amonio fue la fuente principal de nitrógeno inorgánico, las concentraciones más comunes fueron superiores a $2 \mu\text{mol L}^{-1}$. En las bahías Jigüey, Los Perros y Buenavista los contenidos más representativos estuvieron por encima de los $3 \mu\text{mol L}^{-1}$, las dos primeras mostraron el mayor grado de hipersalinización, y en el caso de Buenavista a la hipersalinidad se suma el aporte de amonio de origen antropogénico que llega a la misma con los grandes volúmenes de aguas residuales. Los tenores de amonio en estas bahías fueron característicos de agua marina contaminada, no obstante, en ecosistemas hipersalinizados estas resultan normales, debido a que las altas salinidades favorecen los procesos de amonificación sobre los de nitrificación. Una elevada salinidad, asociada con largos tiempos de la residencia de las aguas, puede aumentar los procesos de reducción de nitratos a amonio, y también llevaría aparejado una disminución de la pérdida neta de N (Souza, Kjerfve, Knoppers, Landim de Souza, y Damasceno, 2003 y Cotner, Supleea, Chena, y Shormannb, 2004).

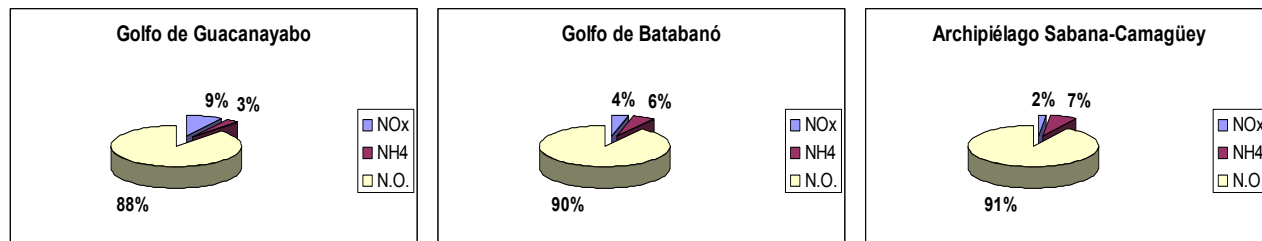


Figura 2. Componentes del nitrógeno total (NO_x nitratos más nitrito, NH_4 amonio y N.O. nitrógeno orgánico), expresados en por ciento en las tres zonas de la plataforma marina cubana objeto de estudio.

Figure 2. Components of total nitrogen (NO_x nitrates plus nitrite, NH_4 ammonium and N.O. organic nitrogen), expressed in percent in the three zones of Cuban marine shelf object of study.

El componente mayoritario del nitrógeno total en las tres zonas de la plataforma marina objeto de estudio fue el nitrógeno orgánico (Fig. 2), indicando que predominaron los procesos de biosíntesis de compuestos organo-nitrogenados sobre los de mineralización. En los golfos de Guacanayabo y Batabanó, los contenidos y variabilidad de nitrógeno orgánico fueron similares (Tabla 1). En el ASC la concentración promedio de este compuesto fue $39,35 \pm 39,69 \mu\text{mol L}^{-1}$, en este cuerpo de agua las bahías con mayores concentraciones de nitrógeno orgánico fueron Buenavista, Los Perros y Jigüey, el máximo puntual se encontró en la primera, en un área próxima al punto de vertimiento de las aguas residuales de una fábrica de levadura torula, inactiva en la actualidad.

En los golfos de Guacanayabo y Batabanó el fósforo inorgánico y total fue más abundante que en el Archipiélago Sabana Camagüey (Tabla 1). En el Golfo de Batabanó el 83 % de las concentraciones de fósforo total se agruparon entre $0,50$ y $1,70 \mu\text{mol L}^{-1}$. El mayor desarrollo de la red hidrográfica en la costa sur cubana y la presencia de grandes humedales hacen posible que estos golfos posean una mayor riqueza en fósforo que la plataforma marina nororiental. El caso del ASC el fósforo inorgánico constituyó el 25% del fósforo total, indicando un posible predominio de los procesos de biosíntesis sobre los de mineralización de la materia orgánica fosforada y también posibles pérdidas por precipitación sobre los sedimentos del fósforo inorgánico como consecuencia de una gran actividad fotosintética. El ciclo del fósforo comienza por los aportes fluviales en áreas costeras que por intercambio mareal pasan al océano, la concentración es controlada por factores biológicos, físicos y químicos. La principal

fueron inferiores al valor indicado por Redfield, Ketchum y Richards (1963) para los mares (16:1). En el ASC los compuestos oxidados de nitrógeno inorgánico no resultaron limitantes para los productores primarios, pero el alto contenido de amonio en este ecosistema provoca que el fósforo inorgánico se comporte como limitante frente al NTI. En las zonas de la plataforma marina Golfo de Guacanayabo y Golfo de Batabanó, los bajos valores de estas relaciones se asocian a un posible alto consumo por los productores primarios y la existencia de posibles procesos de desnitrificación que permiten el posible desarrollo de las cianofíceas. La aparición de especies oportunistas fijadoras de nitrógeno está asociada a altos contenidos de fósforo en agua (Toming y Jaanus, 2007).

En las zonas de la plataforma marina evaluadas, la relación N.T./P.T., fue superior a 20:1. El mayor déficit de fósforo total correspondió a la macrolaguna del ASC, con un valor de la relación 31,8; la escasez de fósforo tuvo como posibles causas las limitadas descargas de agua dulce procedentes de los ríos y los procesos de precipitación y adsorción de fosfato sobre los sedimentos carbonatados.

En ecosistemas costeros tropicales poco contaminados el fósforo es limitante, con elevados valores de la relación nitrógeno-fósforo (Downing, Osenberg y Sarnelle, 1999). Los sedimentos carbonatados en las zonas tropicales poseen una gran habilidad para adsorber y almacenar fósforo (Corredor, Howarth, Twilley y Morell, 1999; Frankowskia, Bolalekb y Szostek, 2002). Bajos valores de la relación N.T./P.T. indican limitación por nitrógeno para el crecimiento del fitoplancton, favoreciendo el desarrollo de especies fijadoras de nitrógeno (Turner, Rabalais, Alexander, Mcisaac y Howarth, 2007). Krock (1997) concluye que los indicadores nitrógeno total y fósforo total explican mejor las limitaciones por nutrientes que la convencional relación nitrato-fosfato, y demuestra la relación simbiótica entre bacterias y fitoplancton para cualquier sistema pudiéndose relacionar de forma satisfactoria con la producción de clorofila. De acuerdo al criterio de Guildford y Hecky (2000) cuando los valores de la razón N.T./P.T. oscilan entre 20 y 50 no hay limitación por nutrientes para los productores primarios.

Esta relación tuvo valores puntuales cercanos y/o inferiores a 16:1 en las áreas colonizadas por pastos marinos en los ecosistemas marinos objeto de estudio, fundamentalmente en la época de seca. Los pastos marinos liberan entre el 1% y 4 % del fósforo absorbido por las raíces, a través de los tejidos vivos y muertos (Hemminga, Harrison y van Lentf, 1991; Romero, Lee, Pérez, Mateo y Alcoverro, 2006).

En el caso del Golfo de Batabanó la relación fue elevada en las Ensenada de la Broa y Cortés, y el Surgidero de Batabanó, zonas desprovistas de pastos marinos. Areces, Castellanos, Hidalgo, Valle, Abreu, Martínez-Iglesias, Ramos, Cantelar y García-Cagide (2006), citado por Martínez-Daranas, Cano Mallo y Clero Alonso (2009) plantearon que entre los años 1985 y 2005 desapareció alrededor del 26% de la superficie de fanerógamas marinas en la zona del golfo de Batabanó situada entre la Ensenada de Cortés hasta el extremo SW de la Península de Zapata.

En el ASC la relación fue baja en la parte NE de la bahía de Cárdenas, al N de la bahía San Juan de los Remedios y en la bahía de Nuevitás, zonas donde la presencia de pastos marinos es notable, a diferencia de las bahías de Perros, Jigüey y La Gloria donde la relación tuvo valores puntuales superiores a 50. Martínez-Daranas *et al.* (2009) concluyeron que en el ASC los pastos marinos mejor conservados y con una mayor riqueza de especies de macroalgas se

encontraron en las zonas con mayor intercambio con el océano como las lagunas arrecifales al norte de los cayos exteriores y algunas áreas de la macrolaguna, como el lóbulo N de la bahía de Cárdenas, el SW de Cayo Fragoso y la bahía de Nuevitás.

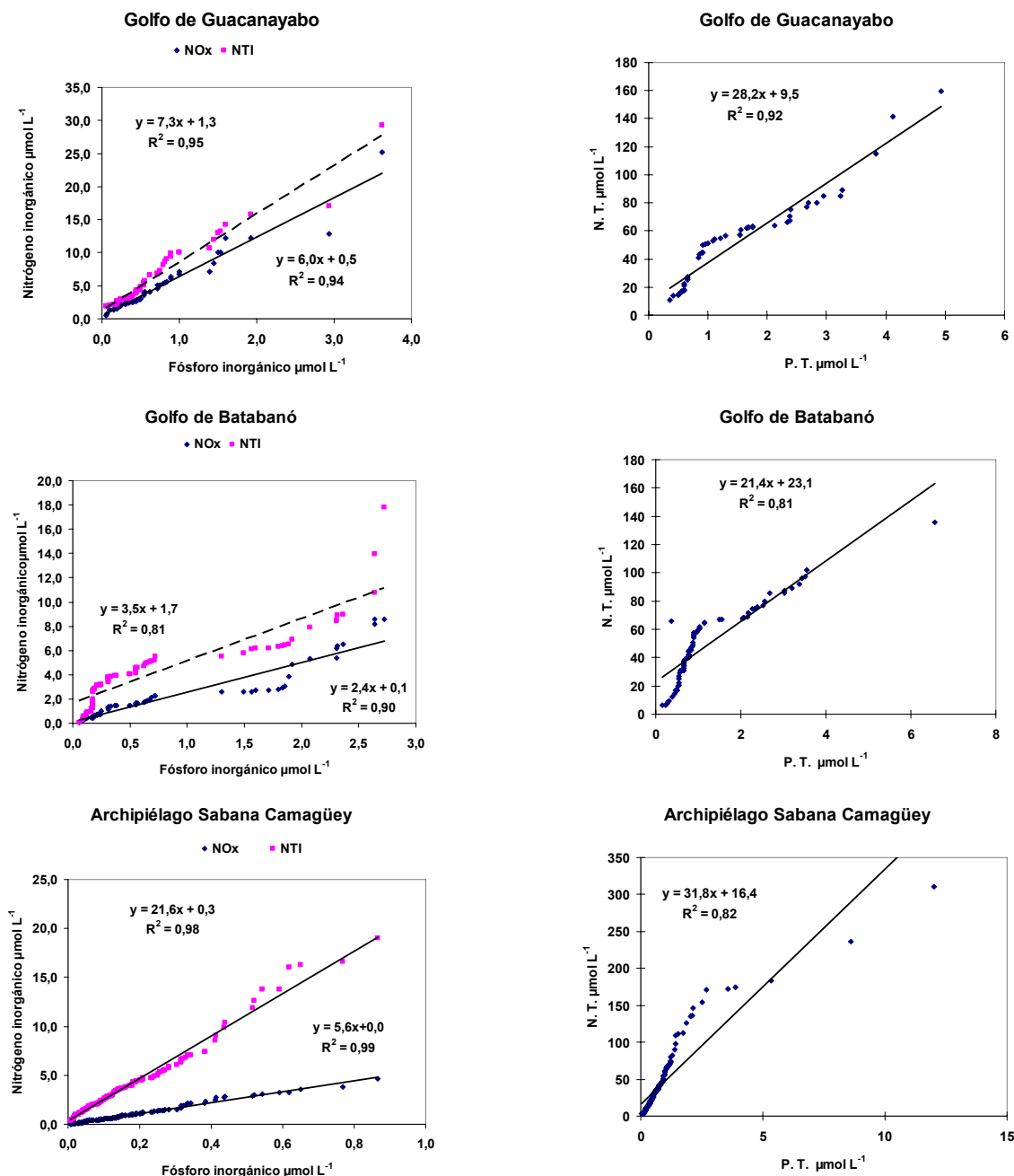


Figura 3. Relaciones nitratos más nitrito & fósforo inorgánico, nitrógeno total inorgánico & fósforo inorgánico y nitrógeno total & fósforo total en el Golfo de Guacanayabo, Golfo de Batabanó y Archipiélago Sabana-Camagüey.
 Figure 3. Ratios nitrates plus nitrite & inorganic phosphorus, total inorganic nitrogen & inorganic phosphorus, and total nitrogen & total phosphorus in the Gulf of Guacanayabo, Gulf of Batabanó and Sabana-Camagüey Archipelago.



CONCLUSIONES

- Los golfos de Guacanayabo y Batabanó poseen un mayor potencial de nitrógeno y fósforo que el ecosistema costero Sabana-Camagüey, debido a el menor desarrollo de la red fluvial en este ecosistema, aunque en las tres regiones de la plataforma marina cubana las concentraciones de estos compuestos están bajo influencia antropogénica .
- En Los golfos de Guacanayabo y Batabanó los valores de la relación nitratos más nitrito-fosfato y nitrógeno total inorgánico –fosfato indican que el nitrógeno inorgánico es restrictivo para los productores primarios, favoreciendo el desarrollo de especies fijadoras de nitrógeno molecular, aunque en las tres zonas de la plataforma marina evaluadas la relación N.T./P.T., es típica de mares donde los nutrientes nitrógeno y fósforo no limita a los productores primarios.
- La relación N.T./P.T. mostró una tendencia a decrecer en regiones con cobertura de pastos marinos, atribuido a las cantidades de fósforo que aportar los mismos al agua.

BIBLIOGRAFIA

- ACC e ICGC (Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía). 1990a. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos: Cayos Sabinal, Guajaba y Romano*. Ed. Científico-Técnica, La Habana, págs. 44 - 64.
- ACC e ICGC (Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía). 1990b. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos: Cayos: Guillermo, Coco, y Paredón Grande*. Ed. Científico-Técnica, La Habana, págs. 49 - 64.
- ACC e ICGC (Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía). 1990c. *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos: Cayo: Francés, Cobos, Las Brujas, Ensenachos y Santa María*. . Ed. Científico-Técnica, La Habana, 89 pp.
- Alcolado, P. M., García, E. E. y Espinosa, N. 1999. *Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey*. Proyecto GAEF/PNUD Sabana-Camagüey CUB/92/G31, CESYTA S.L., Madrid, 160 pp.
- Alcolado, P. M., García, E. E. y Arellano-Acosta, M. 2007. Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey en: *Ecosistema Sabana-Camagüey. Estado actual, avances y desafíos en la protección y el uso sostenible de la biodiversidad*. (Eds.) P. M. Alcolado, E. E. García y M. Arellano-Acosta. Ed. Academia, 183 pp.
- Areces, A. J., Castellanos, S., Hidalgo, G., Valle, R. del, Abreu, M., Martínez-Iglesias, J. C., Ramos, Z., Cantelar, K., y García-Cagide, A. 2006. *Informe Final. Proyecto "Hacia el uso sostenible del Golfo de Batabanó: Análisis de sistemas y modelación de escenarios"*, Inédito. Arch. Cient. Inst. Oceanol., Cuba, 66 pp.
- Basu, A.K., Suárez, G., Perigó, E., Vázquez B. y Quintero, J. G. 1975. Prospección de algunos parámetros que influyen sobre la contaminación en la zona suroccidental de la plataforma cubana. *INP/CIP Res. Inv.*, 2: 238 - 240.
- Corredor, J. F., Howarth, R. W., Twilley, R. R. y Morell, J. M. 1999. Nitrogen cycling and anthropogenic impact in the tropical interamerican seas. *Biogeochemistry*, 46: 163 – 178.

- Cotner, J. B., Supleea, M. W., Chena, N. W. y Shormannb, D. E. 2004. Nutrient, sulfur and carbon dynamics in a hypersaline lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59: 639 – 652.
- Downing, J. A., Osenberg, C. W. y Sarnelle, O. 1999. Meta-analysis of marine nutrient-enrichment experiments: Variation in the magnitude of nutrient limitation. *Ecology*, 80:1157 – 1167
- FAO. 1975. Manual of Methods in Aquatic Environmental Research part-1. Methods for detection and monitoring of water pollution. *FAO Fish. Tech. Paper*. 137, 237 pp.
- Frankowska, L., Bolałek, J. y Szostek, A. 2002. Phosphorus in Bottom Sediments of Pomeranian Bay (Southern Baltic—Poland). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54: 1027 - 1038.
- Guildford, S. J. y Hecky, R. E. 2000. Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: Is there a common relationship. *Limnology and Oceanography*, 45: 1213 – 1223.
- Hemminga, M. A., Harrison, P. G. y van Lentf, F. 1991. The balance of nutrient losses and gains in seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 71: 85 – 96.
- IOC-UNESCO. 1983. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring*. Manual and guides No. 12, 53 pp.
- IOC-UNESCO. 1993. *Nutrient analysis in tropical marine waters*. Manual and guides. No. 33, 45 pp.
- Jansson, A. y Colding, J. 2007. Tradeoffs between Environmental Goals and Urban Development: The Case of Nitrogen Load from the Stockholm County to the Baltic Sea. *Ambio*, 36: 650 – 656.
- Krock, H. J. 1997. Response to nutrient addition in the tropical nearshore waters, bays and estuaries. *Proceedings of the seventh -1997- International offshore and polar engineering conference*. (Eds) Chung, J. S., Das, B. M., Matsui, T. y Thiel, H., Vol. 1: 603 – 607.
- Lluis-Riera, M. 1972. Estudio hidrológico del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. *Acad. Cienc. Cuba. Serie Oceanológica*, 9: 1 - 45.
- Lluis-Riera, M. 1983. Estudios hidrológicos de la plataforma noroccidental de Cuba (Zona C). *Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología*, No. 13, 32 pp.
- Lluis-Riera, M. 1984. *Estudios hidrológicos de la plataforma nororiental de Cuba (Zona D)*. (Ed.) Academia, 44 pp.
- Ludwig, W. 2007. River inputs to Southern European seas: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades. *38th CIESM Congress Proceedings*, No. 38, 29 pp.
- Martínez, M., Perigó, E., Pérez, R., García, I., Montalvo, J. y Lorente, Y. 1999. Evaluación del impacto por metales pesados en el ecosistema marino al sur de las provincias de Matanzas y La Habana. *Contrib. a la Educ. y la Protección Ambiental*, 0: 233 - 237.
- Martínez-Daranas, B., Cano Mallo, M. y Clero Alonso, L. 2009. Los pastos marinos de Cuba: estado de conservación y manejo. *Serie Oceanológica*, No. 5: 24 – 44.
- Montalvo, J. F., Perigó, E., Espinosa, J. y García, I. 2000. Prospección de variables hidroquímicas de calidad ambiental en la zona litoral entre el río Hatiguanico y Majana, costa sur occidental de Cuba. *Contribución a la educación y la protección ambiental*, 1: 193 – 197.
- Montalvo, J. F., Perigó, E., Rodas, L., García, I., Pérez, R., Niévares, A., Esponda, S., Peón, C. y Cesar, M. E. 2001. Intercambio de compuestos biógenos (carbono, nitrógeno y fósforo) entre el estero La Coloma y la zona litoral adyacente. *Contribución a la educación y la protección ambiental*, Vol. 2: ISBN 959-7136-09-0.

- Montalvo, J. F. y Perigó, E. 2002. Valoración de la calidad ambiental en la zona NE del golfo de Batabanó por medio de los métodos de análisis multivariado. *Contribución a la educación y la protección ambiental*, Vol. 3: ISBN 959-7136-09-0.
- Perigó, E., Martínez-Canals, M., Montalvo, J. F., Pérez, R. y colaboradores. 2000. Evaluación de la calidad ambiental del Golfo de Batabanó. (Inédito) Informe final. Archivo científico IDO. 130 pp.
- Perigó, E., Montalvo, J. F., Rodas, L., Nievaes, A., Peón, C. Esponda, S. C. y Cesar, M. E. 2001. Flujos de compuestos de C, N y P entre el estuario del río Las Casas y el mar adyacente a su desembocadura. *Contribución a la educación y la protección ambiental*, Vol. 2, ISBN 959-7136-09-0.
- Redfield, A. C., Ketchum, B. H. y Richards, F. A. 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. En: *The Sea* (M. N. Hill, Edit.). Interscience, New York, Vol. 2, págs. 26 - 77.
- Romero, J., Lee, K. S., Pérez, M., Mateo, M. A. y Alcoverro, T. 2006. Nutrient dynamics in seagrass ecosystems. En: Larkum, A. W. D., Orth, R. J. y Duarte, C. M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 227 - 254 pp.
- Souza, M. F. L., Kjerfve, B., Knoppers, B., Landim de Souza, W. F. y Damasceno, R. N. 2003. Nutrient budgets and trophic state in a hypersaline coastal lagoon : Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 57: 843 – 858.
- 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.
- Toming, K. y Jaanus, A. 2007. Selecting potential summer phytoplankton eutrophication indicator species for the northern Baltic Sea. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology, Ecology*, 56: 297 – 311.
- Turner, R. E., Rabalais, N. N., Alexander, R. B., Mcisaac, G. y Howarth, R. W. 2007. Characterization of Nutrient, Organic Carbon, and Sediment Loads and Concentrations from the Mississippi River into the Northern Gulf of Mexico. *Estuaries and Coasts*, 30: 773 – 790.

Recibido: 26 de noviembre 2009

Aceptado: 14 de enero 2010