

# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL LITORAL ORIENTAL DE LA PROVINCIA DE CIENFÜEGOS, CUBA (2006-2007).

Mabel Seisdedo

Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos. Calle 17 esq. Ave 46 s/n. Reparto Reina, Cienfuegos CP 55100, Cuba. Email: [Mabel@gestion.ceac.cu](mailto:Mabel@gestion.ceac.cu)

## RESUMEN

Se presenta un análisis de las características físico-químicas de las aguas en el litoral oriental de la provincia de Cienfuegos. Se colectaron muestras de agua en 10 puntos distribuidos en el área de estudio durante 4 campañas (12/oct./2006, 14/nov./2006, 20/feb./2007 y 19/jun./2007), correspondiendo dos de ellas a cada época climática (lluviosa y poco lluviosa) y se determinaron los parámetros hidroquímicos: salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Si-SiO<sub>2</sub> y DBO<sub>5</sub>. Los resultados fueron evaluados según los criterios de la NC.25:1999 y la NC.22:1999, así como también se analizaron las diferencias entre las dos épocas climáticas, obteniéndose diferencias significativas para los indicadores: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. El análisis espacial mostró la existencia de áreas con afectaciones en calidad del agua para uso pesquero (NC.25:1999) debido a los altos niveles de nutrientes y DBO<sub>5</sub>, los cuales se asocian fundamentalmente a la influencia de los aportes de los ríos Yaguanabo y Cabagán, así como los de la bahía de Cienfuegos en el área próxima al Canal de Entrada.

Palabras clave: nutrientes; calidad del agua; zonas costeras; ASW, Cuba.

## ABSTRACT

An analysis of waters physical-chemical characteristics in Cienfuegos province east coast is presented. Water samples in 10 points distributed in study area were collected during 4 campaigns (12/Oct./2006, 14/Nov./2006, 20/Feb./2007 y 19/Jun./2007) corresponding two of them to every season (not very rainy and rainy) and hydrological parameters as salinity, temperature, pH, dissolved oxygen, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Si-SiO<sub>2</sub> and BOD<sub>5</sub> were determined. The results were evaluated according to criteria of NC.25:1999 and NC.22:1999, as well as differences were analyzed among the two seasons, obtaining significative differences for indicators: temperature, salinity and dissolved oxygen. The spatial analysis showed the existence of areas with affectations in water quality for fishing use (NC.25:1999) due to high levels of nutrients and BOD<sub>5</sub>, which are associated fundamentally to contributions influence of rivers:Yaguanabo and Cabagán, as well as to those of Cienfuegos bay in the area close to entrance channel.

Key words: nutrients; water quality; coastal zone; ASW, Cuba.

Las zonas marinas y costeras, a pesar de ser consideradas como áreas muy frágiles, son las más explotadas debido a sus numerosos atractivos y abundantes recursos, ejemplo de esto es que en las mismas se hallan todas las capitales del Caribe insular, así como los principales complejos industriales, centros comerciales y enclaves turísticos (PNUD, 1996).

En los últimos 20 años, científicos, gestores y autoridades públicas, han reconocido que los ecosistemas costeros sufren diferentes problemas ambientales, que son consecuencia de una compleja cadena de eventos que varían de un sitio a otro, y que pueden en parte, ser atribuidos al enriquecimiento de los nutrientes (NRC, 2000; Tett *et al.*, 2003).

En particular, el litoral oriental de la provincia de Cienfuegos, si bien es un área de importancia para el territorio por los diversos usos socio-económicos que presenta, apenas ha sido estudiado en su totalidad. En este sentido, este trabajo tiene como fin brindar información sobre el estado ambiental de sus aguas costeras mediante el análisis espacio-temporal de sus características físico-químicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El tramo costero estudiado está comprendido entre Punta Las Coloradas y la desembocadura del río Cabagán, con una longitud de costa de 50 Km.

(Fig. 1). Entre los usos que tiene esta área, se destacan el conservacionista, el pesquero y el turístico – recreativo. En esta área desembocan los ríos: Arimao, San Juan, Gavilanes, Yaguanabo, Río Hondo y Cabagán. La misma es explotada turísticamente a través del buceo contemplativo y de diversas instalaciones turísticas existentes.

### Muestreo y análisis

Se realizaron 4 campañas de muestreo (12/oct/2006, 14/nov/2006, 20/feb/2007 y 19/jun/2007), dos de ellas en la temporada lluviosa y las restantes en la poca lluviosa, teniendo en cuenta la importancia dada a la estacionalidad en algunos estudios de calidad de las aguas realizados a otros sistemas costeros de Cuba (Beltrán *et. al.*, 2005; Seisdedo y Muñoz, 2005).

Se colectaron muestras de agua en 10 estaciones hidrológicas, distribuidas a lo largo del tramo costero y en el nivel superficial de la columna de agua (Fig. 1), utilizando para ello una botella Nansen. Las muestras que lo requerían fueron preservadas a 4° C hasta de su análisis.

Las determinaciones analíticas se realizaron por duplicado en el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). El oxígeno disuelto se analizó mediante el Método Winkler, modificado por Carriet y Carpenter (1966). Los nitritos, nitratos y el amonio se determinaron de acuerdo con la metodología de la UNESCO (1983). El análisis del ortofosfato disuelto se realizó a partir de una modificación expuesta por Koroleff, del método de Murphy y Riley, y para los silicatos se empleó la técnica del ácido silicomolibdico, ambos expuestos por la UNEP (1991). La salinidad y la temperatura se determinaron *in situ* empleando una sonda digital modelo YSI-30, para el análisis del pH se utilizó un pH-metro digital marca HANNA, mientras que para la determinación de la DBO<sub>5</sub>, se empleó el método de incubación a 20°C durante 5 días (HACH, 2000).

La evaluación de la calidad del agua se realizó teniendo en cuenta los criterios establecidos por la NC.25:1999 y la NC.22:1999. Se empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.0 para la determinación por época climática, de los valores mínimos, máximos, medias, medianas y desviaciones estándares. Se utilizó, además, la prueba no paramétrica de Wilcoxon para comparar las medianas ( $p < 0,05$ ) de ambas épocas climáticas, debido a que los datos no cumplen el criterio de normalidad. Se exceptuaron de este análisis los

parámetros: P-PO<sub>4</sub>, el N-NO<sub>2</sub> y el N-NH<sub>4</sub>, por ser los valores de éstos prácticamente iguales, lo cual limita este análisis.

### RESULTADOS

Los valores de salinidad en la época poco lluviosa oscilaron entre 27.6 y 34.6 ups; mientras en la lluviosa se registraron entre 19.3 y 34.3 ups (Tabla 1). Se obtuvieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambas épocas climáticas (Tabla 2). En la E10, con influencia del río Cabagán, se obtuvo el valor más bajo de todas las campañas, el cual correspondió a la temporada lluviosa y resultó inferior a 26 ups (Fig. 2), criterio establecido para aguas de buena calidad según la norma cubana NC 25 (1999).

La temperatura de las aguas arrojó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores obtenidos en las dos épocas climáticas. En el temporada menos lluviosa, se registró una mediana de 26.9°C, el cual resultó inferior a la obtenida en la temporada lluviosa que fue de 29.9°C (Tabla 2).

El pH osciló en la época poco lluviosa entre 8.01 y 8.77 unidades, mientras que en la lluviosa la variación estuvo entre 7.95 y 8.17 unidades. No mostró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las épocas climáticas analizadas. Ambos rangos, si bien comprendieron valores representativos de agua de calidad dudosa para uso pesquero (NC.25:1999), éstos resultan aceptables para el baño (NC.22:1999), que constituye otro de los usos más importantes de esta zona costera.

Las concentraciones obtenidas de oxígeno disuelto presentaron variaciones en la temporada de lluvias entre 4.3 y 6.85 mg.L<sup>-1</sup> y en la menos lluviosa, entre 5.67 y 8.12 mg.L<sup>-1</sup> (Tabla 1), así como diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las medianas. El valor mínimo registrado en todo el periodo estudiado correspondió a la E5 (Fig. 3), ubicada en la playa Guajimico y resultó ligeramente inferior al criterio establecido (5 mg.L<sup>-1</sup>) por la norma cubana NC.25 (1999) para aguas marinas de uso pesquero de buena calidad.

Uno de los nutrientes determinados fue el fósforo en forma de ortofosfato disuelto, el cual apenas pudo cuantificarse, excepto en la estación E1 (Punta Los Colorados), en la época lluviosa, con 1.03 µmol.L<sup>-1</sup> que resultó superior al criterio (0.53 µmol.L<sup>-1</sup>) establecido en la NC.25 (1999).

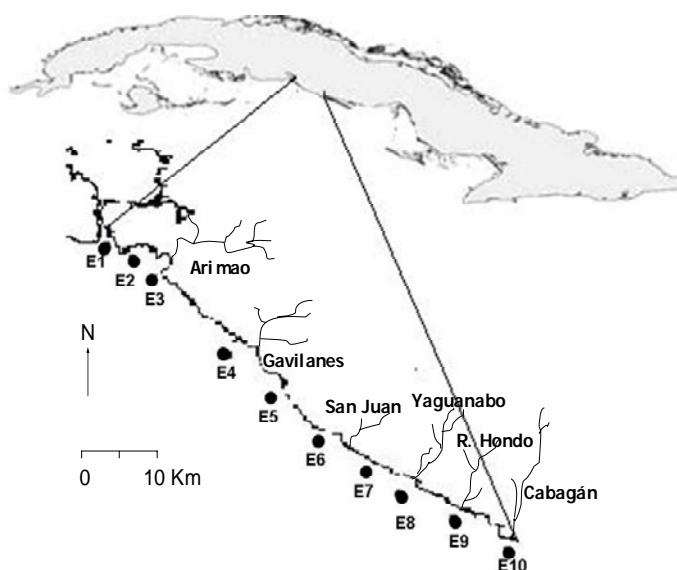


Fig. 1: Área de estudio y red de estaciones hidrológicas en el litoral oriental de la provincia de Cienfuegos

Tabla 1. Resultados de los parámetros físico-químicos analizados en ambas épocas climáticas (lluviosa y poco lluviosa).

Indicadores	unidades	lluviosa (oct/2006 y jun/2007)				poco lluviosa (nov/2006 y feb/2007)			
		mínimo	máximo	media	D.E.	mínimo	máximo	media	D.E.
pH	u	7.95	8.17	8.08	0.06	8.01	8.77	8.29	0.24
temp	°C	27.90	31.80	29.75	1.20	23.90	29.70	27.21	1.67
salinidad	ups	19.30	34.30	31.57	3.98	27.60	34.60	33.07	0.05
P-PO <sub>4</sub>	μmol. L <sup>-1</sup>	< 0.52	1.03	0.54	0.12	< 0.52	-	0.52	0.00
N-NO <sub>2</sub>	μmol. L <sup>-1</sup>	< 0.07	0.29	0.09	0.06	< 0.07	0.07	0.07	0.00
Si-SiO <sub>2</sub>	μmol. L <sup>-1</sup>	1.04	56.38	16.36	15.65	0.89	36.17	10.52	9.74
N-NH <sub>4</sub>	μmol. L <sup>-1</sup>	< 3.21	6.71	3.39	0.78	< 3.21	-	3.21	0.00
N-NO <sub>3</sub>	μmol. L <sup>-1</sup>	< 0.43	10.79	2.09	2.69	< 0.43	8.93	2.25	2.64
Oxig. D.	mg.L <sup>-1</sup>	4.30	6.85	5.70	0.59	5.67	8.12	6.30	0.66
Sól Susp	mg.L <sup>-1</sup>	1.00	22.20	4.97	4.88	0.20	14.00	7.11	4.19
DBO <sub>5</sub>	mg.L <sup>-1</sup>	0.40	3.00	1.49	0.68	0.40	4.00	1.38	0.87

Tabla 2. Resultados de la comparación mediante la prueba no paramétrica Wilcoxon ( $p < 0,05$ ), de las medianas obtenidas para cada indicador hidroquímico en ambas épocas climáticas (lluviosa y poco lluviosa).

Indicadores	Unidades	lluviosa	poco lluviosa	W	p
		mediana 1	mediana 2		
salinidad	ups	33.5	34.0	285.50	$p < 0,05^{**}$
pH	u	8.09	8.25	2.71	$p > 0,05$
temp	°C	29.9	26.9	44.50	$p < 0,05^{**}$
Si-SiO <sub>2</sub>	μmol.L <sup>-1</sup>	10.5	6.96	144.50	$p > 0,05$
N-NO <sub>3</sub>	μmol.L <sup>-1</sup>	0.79	1.07	193.00	$p > 0,05$
Oxig. D.	mg.L <sup>-1</sup>	5.81	6.28	297.00	$p < 0,05^{**}$
DBO <sub>5</sub>	mg.L <sup>-1</sup>	1.40	1.20	163.50	$p > 0,05$

\*\* Existe diferencia significativa entre las medianas para un 95% de confiabilidad.

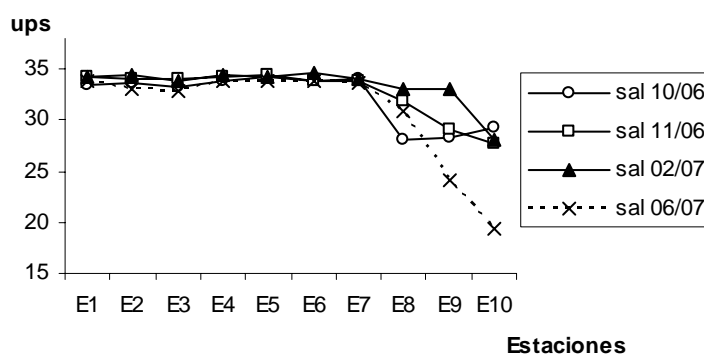


Fig. 2. Distribución espacial de los valores de salinidad obtenidos por campaña de muestreo.

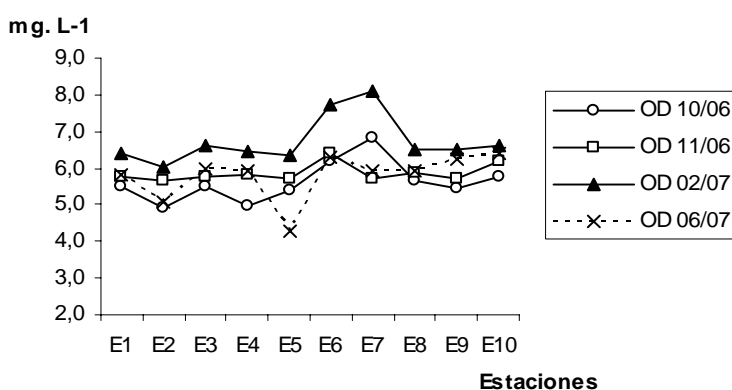


Fig. 3. Distribución espacial de los valores de oxígeno disuelto obtenidos por campaña de muestreo.

Respecto a las especies nitrogenadas, los niveles de nitrógeno de amonio se comportaron de manera general por debajo del límite de cuantificación ( $3.21 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ), excepto en la E8 durante la temporada lluviosa, donde se obtuvo una concentración de  $6.7 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , la cual se corresponde con el criterio para aguas marinas de mala calidad ( $>3.57 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) según la NC.25 (1999). De forma similar, se comportó el nitrógeno de nitritos, ya que en sólo 4 registros fueron superiores al límite de cuantificación ( $0.07 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) y en 3 de ellos correspondieron a la época lluviosa, aunque de forma general resultaron inferiores al criterio establecido ( $1.55 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) para aguas de buena calidad según la NC.25 (1999). Sin embargo, el nitrógeno de nitrato, durante la época lluviosa, arrojó valores que oscilaron desde cantidades no cuantificables ( $<0.43 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) hasta  $10.79 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , registrándose el mayor valor en la E10; mientras en la época menos lluviosa, este parámetro tuvo una variación entre cantidades no cuantificables y  $8.93 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , con valor máximo en la E8 (Fig. 4). Todos los resultados cuantificados resultaron

superiores al criterio ( $0.21 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) establecido por la NC.25 (1999) para aguas marinas de buena calidad y no se obtuvieron diferencias significativas entre ambas épocas climáticas ( $p>0,05$ ) para este indicador (Tabla 2).

En cuanto al silicio, no mostró diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre ambas épocas climáticas. En la temporada lluviosa, los niveles estuvieron entre  $1.04$  y  $56.38 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ; mientras que en la poca lluviosa fue entre  $0.89$  y  $36.17 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . Excepto en una de las campañas realizadas (oct/06), donde el valor máximo correspondió a la E8; en las restantes la E10 presentó los máximos registros (Fig. 5).

La  $\text{DBO}_5$  presentó en ambas épocas, medianas superiores al criterio normado para aguas de buena calidad ( $< 1 \text{mg.L}^{-1}$ ) en la NC.25 (1999), con  $1.2 \text{mg.L}^{-1}$  en la poca lluviosa y  $1.4 \text{mg.L}^{-1}$  en la lluviosa (Tabla 2), de forma puntual solo el 20 % de las estaciones no presentaron valores superiores a dicho criterio; sin embargo el 100 % de los valores

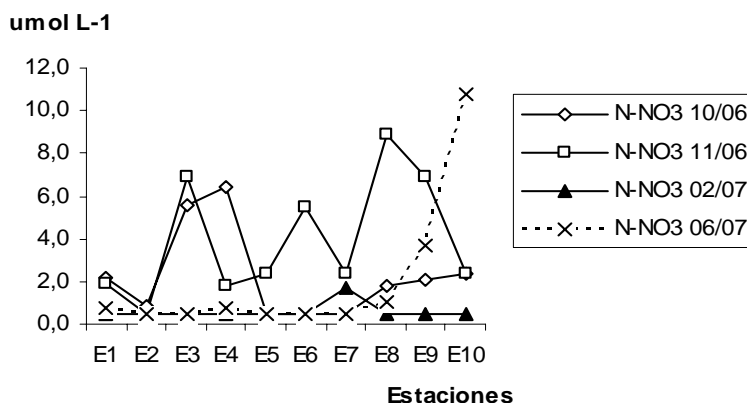


Fig. 4. Distribución espacial de los valores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> obtenidos por campaña de muestreo.

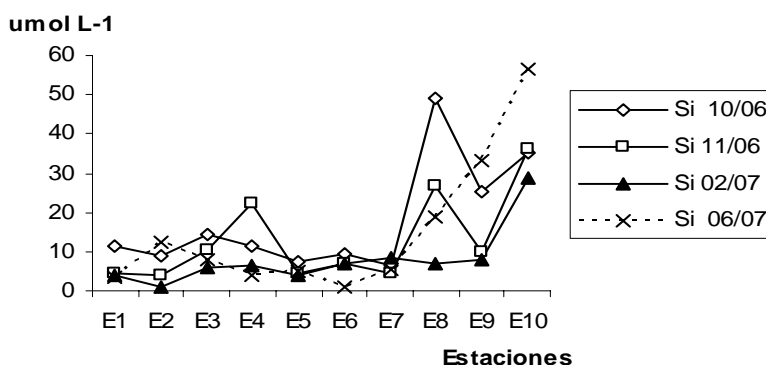


Fig. 5. Distribución espacial de los valores de Si-SiO<sub>2</sub> obtenidos por campaña de muestreo.

promedios en ambas épocas climáticas cumple el criterio establecido para baño (<3 mg.L<sup>-1</sup>). La comparación de sus medianas no arrojó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

La obtención de diferencias significativas para los indicadores: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, parece estar mostrando a estas características físico-químicas como las más vulnerables a los cambios estacionales, entre una temporada más lluviosa y cálida (mayo-octubre), en el cual prevalecen condiciones menos salinas y mayores temperaturas de las aguas y otra menos lluviosa y frío (noviembre-abril), con condiciones más salinas y menores temperaturas de las aguas.

La diferencia significativa entre los niveles de oxígeno disuelto obtenidos en las épocas analizadas pudiera estar asociada a la relación inversa que tienen indicadores como la temperatura y la

salinidad, con el oxígeno disuelto (Van Loon y Duffy, 2005).

Los resultados de los indicadores N-NO<sub>3</sub>, Si-SiO<sub>2</sub>, pH y DBO<sub>5</sub>, no muestran el mismo comportamiento. Esto pudiera estar indicando que en esta área abierta, el incremento de los aportes de nutrientes y materia orgánica asociados a los escurrimientos terrigenos con las lluvias no es significativo, a diferencia de lo obtenido en áreas semicerradas como la bahía de Cienfuegos (Seisdedo *et al*, 2004).

El análisis del comportamiento de los indicadores P-PO<sub>4</sub>, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y DBO<sub>5</sub> muestra áreas donde se incumplen requisitos para aguas marinas de buena calidad según la norma cubana NC.25 (1999) y en mayor medida para el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y la DBO<sub>5</sub>. Estas áreas afectadas reciben la influencia de los aportes de Bahía de Cienfuegos por la proximidad a su canal de entrada, así como de los aportes de los ríos Yaguanabo y Cabagán, que son

receptores de residuos de la actividad antropogénica de ambas cuencas. Beltrán *et al.* (2006), en el estudio de la calidad ambiental del ecosistema marino del litoral de la Ciudad de la Habana, también identificaron zonas con aportes fluviales como las más afectadas. No obstante, se cumplen los requisitos de calidad para fines de uso recreativos en contacto directo (N.C. 22: 1999) en todas en las áreas del este litoral.

## CONCLUSIONES

- Los indicadores: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, sugieren un comportamiento estacional a partir de las diferencias significativas obtenidas entre los resultados de las dos épocas climáticas analizadas, a diferencia de los restantes indicadores, que no presentaron el mismo comportamiento.

- Si bien se cumplen los requisitos de calidad para fines de uso recreativos en toda el área de estudio, se identificaron zonas donde se incumplen requisitos de la calidad de las aguas para uso pesquero, las cuales tienen influencia de los aportes de Bahía de Cienfuegos por la proximidad a su canal de entrada, así como de los aportes de los ríos Yaguanabo y Cabagán.

## REFERENCIAS

Beltrán, J., A. Martín, F. Ruíz, M. Pérez, H. Mancebo, M. Ramírez, O. Pérez, I. Torres y R. Rodríguez (2005): Control y evaluación de la contaminación en la bahía de La bahía de la Habana. Memorias de la V Convención sobre medio ambiente y desarrollo, *II Simposio Internacional de manejo de ecosistemas costeros*, La Habana, pp:92-111.

Beltrán, J., A. Martín, H. Mancebo, R. Regadera, F. Ruíz, I. Torres, O. Pérez, M. Rosabal, F. Solar y R. Rodríguez (2006): Control de la calidad ambiental del ecosistema marino del litoral de la Ciudad de la Habana. *MarCuba 2006*, Memorias del VII Congreso de Ciencias del Mar, Resúmenes.

Carriet, D.E. y J.H., Carpenter (1966): Comparison and evaluation of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.* 24(3):286-318.

HACH (2000): *Manual de análisis de agua*. Estados Unidos, Colorado, 2da Ed., 180 pp.

N.C. 22 (1999): Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénico-sanitarios. *Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente*, Hidrosfera, República de Cuba, 14 pp.

N.C. 25 (1999): Evaluación de los objetos hidricos de uso pesquero. *Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente*, Hidrosfera, República de Cuba, 12 pp.

NRC (National Research Council) (2000): *Clean Coastal Waters. Understanding and Reducing the Effects of Nutrient Pollution*. National Academy of Science, National Academic Press, Washington, D.C., 405 pp.

PNUD (1996): Directrices para una Planificación y un Manejo Integrado de las Áreas Costeras y Marinas en la región del Gran Caribe. Programa Ambiental del Caribe del PNUMA, Kingston, Jamaica, 76 pp.

Seisdedo, M.; A. Muñoz y M.E. Castellanos (2004): Propuesta de actualización del Programa de Monitoreo Hidrológico de la Bahía de Cienfuegos. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras, Número especial*, 16 pp.

Seisdedo, M. y A. Muñoz (2005): Efecto de las precipitaciones en la calidad ambiental de las aguas de la Bahía de Cienfuegos. *Revista Cubana de Meteorología* 12(2):64-67.

UNEP (1991): Standard chemical methods for marine environmental monitoring. *Reference Methods for Marine Pollution Studies* No. 50, 41 pp.

UNESCO (1983): Chemical Methods for use in Marine Environmental Monitoring. *Manual and Guides IOC*, 12, 53 pp.

Van Loon, G.W. and S.J. Duffy (2005): Environmental chemistry. A global perspective. 2da. Edition, 456 pp.

Tett, P., L. Gilpin, H. Svendsen, C.P. Erlandsson, U. Larsson, S. Kratzer, E. Fouilland, C. Janzen, J. Lee, C. Grenz, A. Newton, J. Gomes Ferreira, T. Fernández and S. Scory (2003): Eutrophication and some European waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research*, 23:1635-1671.

Aceptado: 23 de abril de 2008