

ESTIMACION DEL OXIGENO DISUELTO EN EL GOLFO DE BATABANO

Jacqueline Simanca¹, Liliam Arriaza¹, Arsênio Areces¹, Libertad Rodas¹, Eusebio Perigó¹, Orlando Ramírez¹

1.- Instituto de Oceanología, Ave 1^{ra} No. 18406 entre 184 y 186, Rpto Flores , Ciudad de La Habana, CP 12100, Cuba. e-mail: ocean@oceano.inf.cu

ABSTRACT: this work, it is applied a unidirectional and stationary model for estimating the dissolved oxygen distribution in the area of the Gulf of Batabanó, starting from the influence of physical-biological parameters (marine currents, temperature, salinity, photosynthesis and respiration). In this first approach, estimates of the dissolved oxygen concentration are obtained for Ensenada de la Broa, with an error of 0.2693 mg/L, while for the rest of the Gulf the estimate error oscillated between -4.13 y -4.69 mg/L. Consequently, it is concluded that the pattern is efficient for the estimate of dissolved oxygen concentration in Ensenada de La Broa, while for the rest of the Gulf it is not enough the consideration of primary production in the water column as only source of oxygen contribution.

Key words: model quality water, simulation, circulation, estimation.

INTRODUCCION

El Golfo de Batabanó, se encuentra ubicado en la región SW de Cuba. Este ecosistema, es la principal zona langostera del país, e ingresa por éste concepto como promedio casi 35 millones de dólares al año (Piñeiro y Puga, 2003). Además, posee un alto potencial como zona de cría natural de camarón en la Ensenada de La Broa, y en los últimos años se ha comenzado a desarrollar su potencial turístico con la explotación de algunos zonas como el Polo Turístico de Cayo Largo del Sur. La región, presenta algunos de los ecosistemas marinos de mayor importancia para acciones de conservación ambiental. Entre los problemas que presenta, está la disminución de las pesquerías; el cambio de estructura en comunidades de peces, el cambio del contorno litoral debido a la pérdida de la superficie terrestre (IPCC, 2001), y las afectaciones en su calidad ambiental. Es por ello, que se hace necesario profundizar en el conocimiento de este ecosistema marino somero, con el objetivo de sustentar técnicamente el manejo integral de sus recursos ecológicos.

En el trabajo se estima, por primera vez, el balance de oxígeno disuelto en la zona del Golfo de Batabanó, con un modelo físico-biológico unidireccional y de variación en el tiempo (en primera aproximación).

MATERIALES Y METODOS

Se considero un modelo de calidad de agua (Sheng, 1994), el cual resuelve la ecuación de conservación de masa, en términos de un sistema en derivadas parcial en coordenadas cartesianas (x,y,z), y con determinadas condiciones iniciales y de frontera. **Suposiciones a considerar en el modelo (primera aproximación):**

1. Flujo unidireccional (horizontal), estacionario , por lo que la variación de la concentración de oxígeno disuelto calculada es expresión solo de su traslación horizontal, durante un periodo de marea, pues no incluye difusión.

Para las corrientes marinas, se utilizaron los resultados de Arriaza y col. (2004), en el cual se simuló la circulación en el Golfo de Batabanó. En consecuencia, se determinaron 3 zonas de trabajo, Figura 2.

2. La fuente (F) de oxígeno es la fotosíntesis que tiene lugar en la columna de agua,
3. La pérdida (S) de oxígeno del sistema es provocada por la respiración que ocurre en la columna de agua y
4. La dispersión (D), es la variación de la velocidad por la densidad, la cual se estimó como el flujo neto por zona por la concentración de saturación de oxígeno
5. Red rectangular horizontal, con un paso en el espacio de $h=8$ km. El paso en el tiempo es de $dt=3$ min.

Las variables de entrada (Temperatura, Salinidad, Respiración, Fotosíntesis, Velocidad de la corriente) se obtuvieron de los muestreos de Mayo de 1998 y Mayo del 2003 realizados en la zona de estudio, Figura 2. Se utilizó el método de interpolación del *vecino más cercano* para interpolar los valores de las variables de entrada por estación. Con la siguiente expresión se estimaron los errores de los valores calculados con el modelo respecto a las mediciones:

Donde: E-desviación estándar, U_m -magnitud media en tiempo de la corriente según mediciones, U_e -magnitud de la corriente según estimaciones del modelo, N-número de mediciones en tiempo.

Todos los cálculos se realizaron en lenguaje de programación Matlab 5.6.

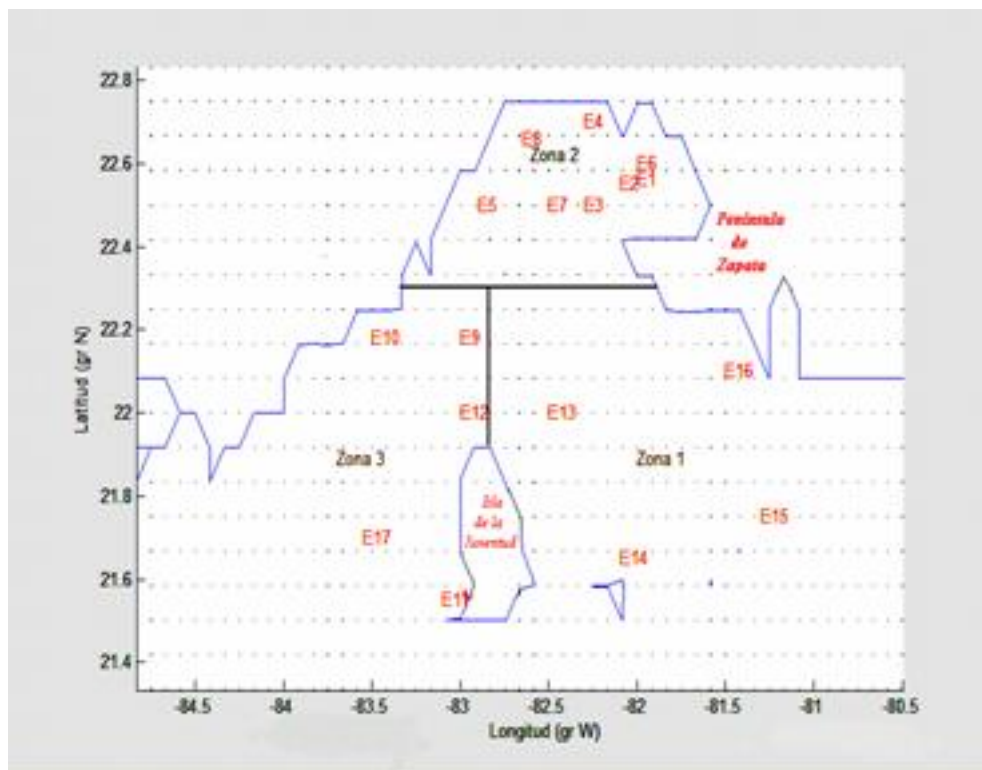


Figura. 2. Salida gráfica del Golfo de Batabanó.
Red de estaciones

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados de la simulación:

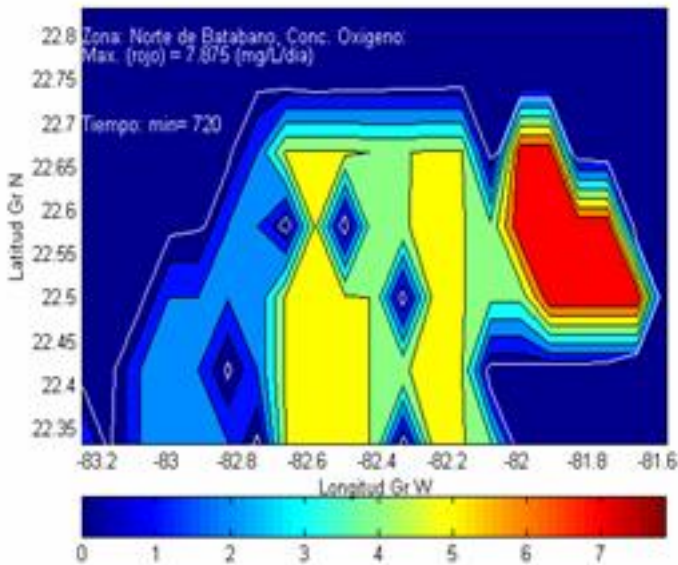
Zona 1: Los valores estimados de oxígeno disuelto, variaron desde 0.98 hasta 2.7 mg/L/día, alcanzando el máximo en Punta del Este. Estos valores están por debajo de lo reportado para la zona. El hecho se atribuye, a que esta zona se caracteriza por tener pastos de *poca densidad* (Lorenzo y col., 2005), cuya influencia en el proceso fotosintético no está considerada en el modelo.

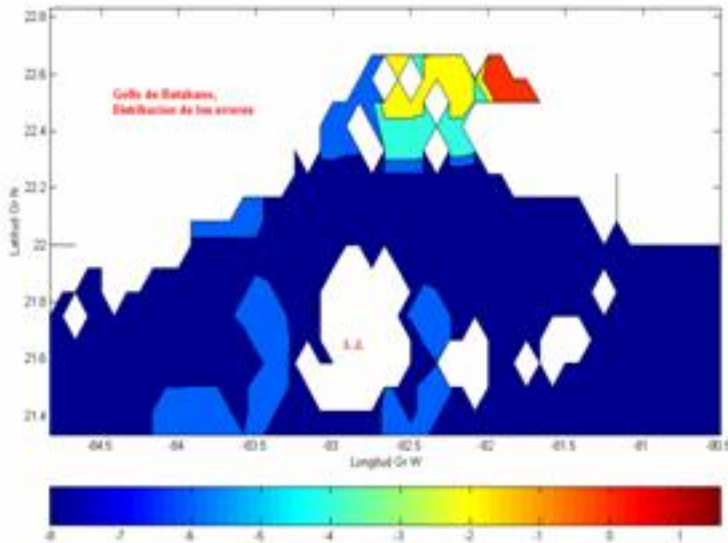
Zona 2: Los valores estimados de oxígeno disuelto, oscilaron entre 3.7 y 7.8795 mg/L/día. Los máximos aparecen en la Ensenada de La Broa y los mínimos se observan hacia el oeste del Surgidero de Batabanó (Figura 3). Los valores estimados varían en la misma proporción que los calculados (Tabla 2), evidenciándose que el modelo muestra la variación horizontal de este parámetro. En la Ensenada de La Broa los valores estimados están en el rango de los reportados para el área. Aunque la Ensenada de la Broa presenta *fondos fangosos* (Lorenzo y col. 2005), desprovistos de vegetación, con sedimentos no consolidados, su sistema de circulación en forma de giro anticiclónico cerrado, al que llegan importantes aportes de nutrientes provenientes de las descargas de ríos y canales, propician la existencia de altas concentraciones fitoplanctónicas (Loza y col., 1999), lo que influye decisivamente en el comportamiento del oxígeno disuelto en la Broa.

Zona 3: Los valores estimados de oxígeno disuelto variaron entre 0.41 y 3.98 mg/L/día. El máximo valor estimado se encontró al oeste de la Isla de la Juventud, coincidiendo su ubicación con la del máximo medido para la zona, en la estación 12, Tabla 1. Este es un indicador de que los valores calculados por el modelo fluctúan en la misma proporción que las mediciones, pero se mantienen muy por debajo en magnitud, debido posiblemente a que en esta zona existe una densidad *media a alta* de pastos marinos (Lorenzo y col, 2005), cuya producción fotosintética no se tuvo en cuenta en el modelo.

Figura 3. Simulación de la concentración de Oxígeno Disuelto en Golfo de Batabanó, Zona 2.

Figura 4. Distribución espacial de los errores estimados de la concentración de oxígeno disuelto en el Golfo de Batabanó.





Valoración de la efectividad del modelo.

En los puntos de la red numérica espacial coincidentes con las coordenadas de la estaciones se calcularon los errores de las estimaciones con respecto a la media de las mediciones en cada una de las estaciones, (Tabla 1).

En las zonas 1 y 3 los valores estimados con el modelo se mantienen por debajo de lo reportado en la literatura. Para estas zonas, el modelo empleado no es efectivo, ya que los errores de estimación que se obtienen son de -4.13 mg/L/día y -4.69 mg/L/día respectivamente, Tabla 1, Figura 4. La estimación del oxígeno disuelto tomando como única fuente la producción primaria en la columna de agua resulta insuficiente para estas áreas, ya que los valores calculados subestiman los observados.

Tabla 1. Valores medidos, calculados y errores de estimación de la concentración de oxígeno disuelto en el Golfo de Batabanó.

Zonas		Estación	Valor Observado mg/L/día	Valor Calculado mg/L /día	Error estimado mg/L /día
Ensenada de la Broa	media	E1	6.21	7.8690	0.6590
		E2	6.90	7.8795	0.0205
		E6	6.75	7.8783	0.1283
	Surgidero de Batabanó.	E3	6.37	6.45	0.986
		E4	5.73	3.8	-2.04
		E5	6.02	3.7	-4.54
		E7	7.04	5.46	-3.41
		E8	6.21	3.87	-3.0
media			6.42	6.08	-1.67
Zona 3		E9	6.61	3.10	-4.10

	E10	6.78	3.45	-5.10
	E11	6.28	3.24	-2.10
	E12	7.43	3.98	-2.65
	E17	6.63	2.310	-3.5
media		6.7460	3.2160	-4.69
Zona 1	E13	5.30	2.77	-5.59
	E14	5.98	2.712	-4.28
	E15	6.67	2.34	-4.28
	E16	5.58	3.56	-2.40
media		5.8	2.72	-4.13

Para la zona 2 estos valores fluctúan alrededor de los valores observados. El error de estimación es de 1.67 mg/L/día (Tabla 1; Figura 4), lo cual confirma que el modelo tiende a ser más efectivo en el norte del golfo. La fuente y sumidero de oxígeno disuelto consideradas para el modelo constituyen una adecuada primera aproximación para la estimación de este parámetro en dicha zona. En la Ensenada de La Broa en particular el modelo tiene una alta efectividad, ya que el error de estimación es de 0.2693 mg/L/día (Tabla 1; Figura 4). Por tanto, en esta ensenada es válido suponer que la variación de la concentración de oxígeno disuelto depende en primer lugar de la producción primaria así como de la respiración que tienen lugar en la columna de agua. En esta zona se puede afirmar que la concentración de oxígeno disuelto está fuertemente determinada por la producción primaria y la respiración de la comunidad planctónica y su distribución horizontal se traslada bajo la influencia de la corriente. De este modo, se corrobora analíticamente la diferenciación trófica de dicha ensenada con respecto al resto del golfo, hecho apuntado por diversos autores a partir de la distribución del fitoplancton y los pigmentos fotosintéticos en toda el área (Loza y col., 1999). Los errores estimados para todas las zonas están en correspondencia con el tipo de hábitat bentónico presente en ellas. En la zona 2, donde el modelo es efectivo, hay ausencia de pastos marinos. Sin embargo en las zonas 1 y 3, donde el modelo no es efectivo, los pastos marinos están presentes en mayor o menor grado. Esto apunta a considerar los pastos marinos entre las variables de entrada para la estimación de la concentración de oxígeno disuelto en macrolagunas con características similares a las de las zonas 1 y 3. Pone además en evidencia las peculiaridades tróficas de la ensenada de La Broa con respecto al resto de las regiones del golfo.

CONCLUSIONES

1. Al este y al oeste del Golfo de Batabanó, el modelo empleado no es efectivo (errores de estimación de -4.13 mg/L/día y -4.69 mg/L/día respectivamente), ya que la estimación del oxígeno disuelto tomando a la producción primaria del fitoplancton como única fuente de esta variable es insuficiente.
2. En la zona norte del Golfo de Batabanó, el modelo es efectivo (error de estimación de 0.2693 mg/L/día). La fuente y el sumidero de oxígeno disuelto

considerados para el modelo son aceptables para la estimación de este parámetro en la zona. Lo anterior, prueba analíticamente la diferenciación trófica de esta región con respecto al área somera restante.

3. Los errores estimados para todas las zonas están en correspondencia con la presencia de pastos marinos, lo cual corrobora la importancia de estos para la estimación de la concentración de oxígeno disuelto en aquellos sitios donde están presentes.

Bibliografía

Areces, A.J., Ibalzabal, D., Miravet, M.E., Lugioyo, M., del Valle, R., Perigó, E. 2003. Evaluación de un área marina ecológicamente relevante con vista a su categorización dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Arch. Cient., Inst. de Oceanología, La Habana, Cuba.

Arriaza, L., M. Hernández, L. Rodas y J. Simanca 2004: Simulación de la circulación inducida por el viento y las mareas en el Golfo de Batabanó. Rev. Invest. Pesq. No.1.

IPCC. 2001. Tercera Evaluación Cambio Climático - 1995. Informe del Grupo de Expertos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, OMM, UNEP, PNUMA.

Lorenzo S., Serdeira S, Martinez C., Areces A., 2005: Hábitat bentónico del Golfo de Batabano.(en prensa).

Loza S., Garcia M. 1999: Respuesta de la comunidad planctónica del Golfo de Batabanó ante el impacto ambiental del Dique Sur Contribución a la Educación y la Protección del Medio Ambiente. vol. 0, V Taller, 243- 247

Perigó, E., Montalvo, J., Penié, I., Rodas, L., Martínez, M., Pérez, R, Espinosa, J., Simanca, J. 2000. Calidad ambiental en zonas litorales de arrecifes coralinos del Golfo de Batabanó, y de los estuarios del Río de Las Casas y La Coloma. V Congreso de Ciencias del Mar, MARCUBA.

Sheng, P.Y. 1994. Modeling hydrodynamics and water quality dynamics in shallow waters. Keynote Paper. Internacional Symposium on Ecology and Engineering. Taman Negara, Malaysia.