

Parámetros físico-químicos en aguas costeras de la Isla del Coco, Costa Rica (2001-2007)

Jenaro Acuña González^{1, 2}, Jairo García Céspedes¹, Eddy Gómez Ramírez¹, José A. Vargas Zamora^{1, 3} & Jorge Cortés^{1, 3}

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, Montes de Oca, San José, Código Postal 11501-2060, Costa Rica; jenaro.acuna@ucr.ac.cr
2. Escuela de Química, Universidad de Costa Rica.
3. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

Recibido 12-V-2008. Corregido 26-V-2008. Aceptado 11-VI-2008.

Abstract: Physico-chemical parameters in coastal waters around Isla del Coco, Costa Rica (2001-2007).

Four cruises to Isla del Coco (Cocos Island), Costa Rica, were carried out in order to gather oceanographic data related to surface temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, Secchi disk depth, nutrient concentrations (nitrate, nitrite, phosphate, and silicate), chlorophyll-*a*, and suspended materials. Surface temperatures, salinities and dissolved oxygen concentrations were high, in the range of 26.5 to 29.7°C, 27 to 32 psu, and 102.0 to 127.5% saturation, respectively. Phosphate was always present in the water samples, within the typical range of 0.10 to 0.53 µmol/L; the other nutrients were not detectable in some samples. Chlorophyll-*a* concentrations were in the range of 0.02 to 0.42 mg/m³ which revealed the influence of oceanic and coastal waters, with the higher phytoplanktonic pigment concentrations near the coast, and suspended materials from 1.08 to 17.91 mg/L. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Suppl. 2): 49-56. Epub 2008 August 29.

Key words: Costa Rica, Pacific, Cocos Island, Isla del Coco, nutrients, chlorophyll-*a*, suspended materials.

La Isla del Coco, ubicada a los 5°32'N y 87°04'W en el Océano Pacífico, se encuentra a unos 500 km al suroeste del puerto de Puntarenas. Es un territorio costarricense que fue instituido como Parque Nacional, por el Gobierno de Costa Rica en 1978. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO) la declaró Sitio Patrimonio Natural de la Humanidad en 1997, y bajo la Convención Internacional de Ramsar de 1991 fue denominada Humedal de Importancia Internacional en 1998 (Montoya 1991, 2001a, b, Boza 1992, Cortés & Guzmán 1998). Las características hidrográficas generales de las aguas que llegan a la Isla del Coco, han sido descritas por Broenkow (1965), y Fiedler y Talley (2006), y en este suplemento por Lizano (2008) y Alfaro (2008). Las aguas que rodean a esta isla provienen, fundamentalmente, del

Océano Pacífico occidental, al ser transportadas por la Contracorriente Ecuatorial del Norte (CCEN). Además, se manifiestan variaciones estacionales en sus parámetros físico-químicos, debido a los cambios en la posición de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y a los fenómenos de surgencia de aguas profundas o intermedias (Broenkow 1965, Pennington *et al.* 2006), al avance de las bandas frías de la corriente de Humboldt (o del Perú), y también a la influencia del fenómeno de El Niño (Fiedler & Talley 2006). El impacto de la CCEN es más evidente entre agosto y septiembre, debido a la migración hacia el sur de la ZCIT (Amador *et al.* 2006, Fiedler & Talley 2006, Pennington *et al.* 2006, Guzmán & Cortés 2007).

En la presente nota se comenta la información recopilada a partir de cuatro campañas oceanográficas de oportunidad realizadas en

las aguas costeras de la Isla del Coco. El objetivo ha sido el recopilar datos para establecer un marco de referencia inicial de diversos aspectos oceanográficos que caracterizan a esta isla, tales como los parámetros físico-químicos medidos *in situ*: temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, la profundidad de observación del disco de Secchi, y los determinados en el laboratorio: las concentraciones de nutrimentos (nitrato, nitrito, fosfato, silicato), de clorofila-*a* y de materiales en suspensión. Los datos obtenidos se comparan con los publicados por Broenkow (1965) y Thomas (1966), y los más recientes de Fiedler y Talley (2006), Pennington *et al.* (2006) y Lizano (2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las dos primeras tomas de muestras fueron efectuadas del 1 al 8 de noviembre 2001 y del 4 al 17 de junio 2003, dentro de los alcances del proyecto de investigación denominado Contaminación Costera en Costa Rica (CoCosRi), y financiado por la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Fundación CR-USA para la Cooperación. De nuevo, con el auspicio de la UCR y ahora con el apoyo de Conservación Internacional y la Fundación MarViva, se realizaron las otras dos campañas, del 31 de agosto al 10 de septiembre 2006 y del 10 al 18 de enero 2007.

Durante estos cuatro cruceros, se muestrearon cinco zonas alrededor de la Isla (Cuadro 1 y Fig. 1), para efectuar la medición de los datos físico-químicos y para tomar las muestras de agua. Sin embargo, también se han llevado a

cabo esas actividades en otros sitios dentro de la ruta de los cinco cruceros mencionados antes, en función de la coyuntura que favoreciera la seguridad en la navegación según las condiciones atmosféricas y del mar, así como la disponibilidad de una adecuada embarcación.

En cada una de las campañas se obtuvieron muestras de agua de la capa superficial, empleando una botella de Niskin de 5 L. La temperatura se midió con el sensor del medidor YSI, la salinidad se midió con un refractómetro Atago S/Mill-E, calibrado con agua de mar estándar de 35.0 ups (unidades prácticas de salinidad). El oxígeno disuelto se midió con un oxímetro tipo YSI modelo 57, calibrado ocasionalmente empleando el método de Winkler modificado (Strickland & Parsons 1972). Se empleó un disco de Secchi sujeto a una cuerda marcada a intervalos de 25 cm, para determinar la transparencia del agua. Las muestras de agua fueron filtradas en el campo a través de filtros de fibra de vidrio GF/C y se trasladaron congeladas al Laboratorio de Oceanografía Química del CIMAR (LOQC). La concentración de los nutrimentos marinos en ellas: fosfato, nitrato, nitrito, y silicato, se determinó de acuerdo con los métodos de Strickland y Parsons (1972) y Parsons *et al.* (1984), modificados según los protocolos de operación normalizados (PON) del LOQC. La concentración de clorofila-*a* y los materiales en suspensión, se determinaron a partir del material retenido en los filtros, según los PON del LOQC: Los materiales en suspensión en la columna de agua se determinaron gravimétricamente, por medición de la masa retenida en filtros GF/C, previamente

CUADRO 1

Código y coordenadas de las estaciones alrededor de la Isla del Coco

Código de la Estación	Ubicación	Coordenadas
ICW	Bahía Wafer	05°32.41'N / 87°03.68'W
ICC	Bahía Chatham	05°33.49'N / 87°02.43'W
ICA	Cabo Atrevido	05°30.85'N / 87°01.18'W
ICD	Islotes Dos Amigos	05°30.09'N / 87°05.12'W
ICY	Bahía Yglesias	05°30.07'N / 87°03.09'W

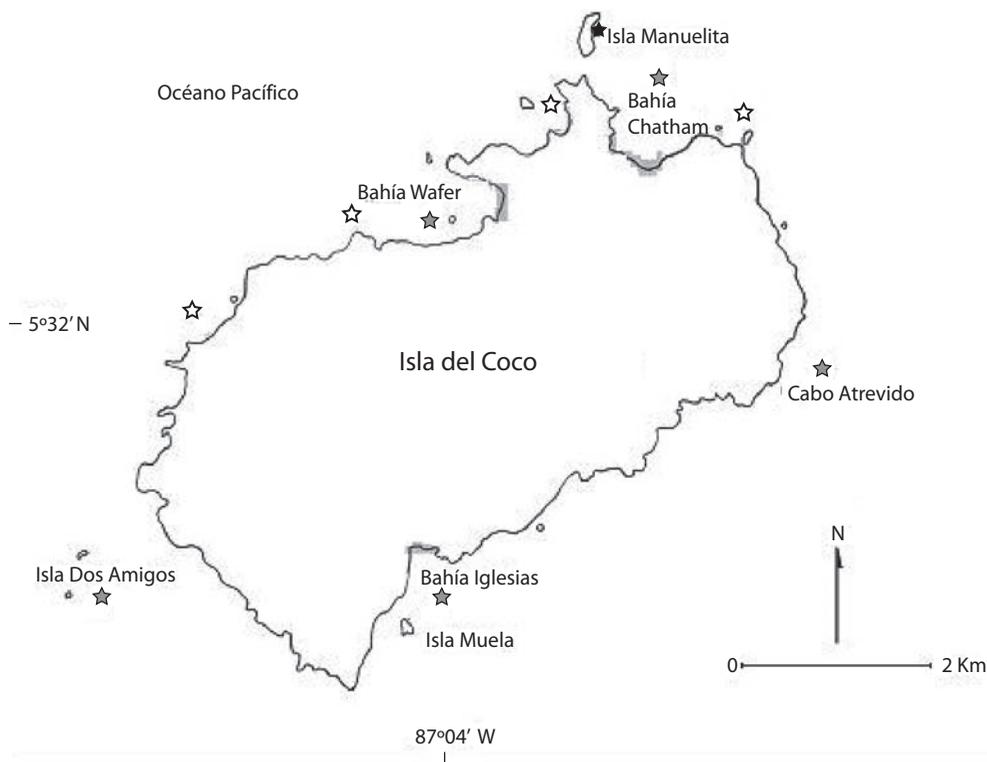


Fig. 1. Ubicación de las estaciones donde se tomaron las muestras y para la determinación de parámetros físico-químicos en la Isla del Coco, según la codificación: ICW (Bahía de Wafer), ICC (Bahía de Chatham), ICA (Cabo Atrevido), ICD (Islotes Dos Amigos), ICY (Bahía Yglesias).

pesados. La concentración de clorofila-*a* se determinó por medio del método, basado en Strickland y Parsons (1972), empleando las ecuaciones de SCOR/UNESCO y aplicando el PON del LOQC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura de las aguas superficiales alrededor de la Isla (Cuadro 2) presentó un promedio más alto en enero de 2007 (29.5°C), época del invierno boreal y correspondiente a la época seca continental, mientras que los promedios para la época lluviosa en el territorio continental (noviembre 2001, junio 2003 y septiembre 2006), proporcionaron un ámbito de 27.0 a 27.6°C, que son valores superiores al promedio de 26.7°C determinado para la CCEN por Pennington *et al.* (2006). A su vez,

este ámbito quedó enmarcado dentro de lo establecido por Lizano (2008), quien situó a la Isla en una dorsal térmica de promedio anual de temperatura de 27.67 °C, originado en una distribución promedio trimestral con un ámbito de 26.79 a 28.44°C.

En su campaña realizada entre noviembre y diciembre de 1959, Broenkow (1965) ocupó ocho estaciones someras alrededor de la isla y recolectó 48 muestras de agua superficial. La salinidad promedio en esa ocasión fue 33.00±0.05 ups, ante una situación en la que para el autor no fue evidente la precipitación costera. Para la campaña de noviembre 2001 la salinidad promedio fue 29.8 ups, para junio 2003 fue 29.2 ups, para septiembre 2006 fue 30.8 ups y para enero 2007 fue 31.4 ups (Cuadro 2). Estos resultados coincidieron con la apreciación de Lizano (2008), quien detalló

CUADRO 2

Parámetros físico-químicos de las aguas superficiales (1 m) alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica, obtenidos en cuatro cruceros de oportunidad. El código de las estaciones se especifica en el Cuadro 1

Código de la Estación	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Porcentaje de saturación (%)	Materiales en suspensión (mg/L)	Profundidad del disco de Secchi (m)
Noviembre 2001						
ICW	27.0	30	7.20	117.7	1.38	19
ICC	26.5	30	6.30	102.0	1.08	24
ICA	27.0	30	7.80	127.5	12.59	18
ICD	27.5	29	7.30	119.9	3.53	21
ICY	27.0	30	7.80	127.5	2.80	20
Junio 2003						
ICW	28.0	27	7.45	122.2	7.74	10
ICC	27.9	30	7.35	122.3	6.13	>12
ICA	27.5	30	7.50	123.8	9.62	>12
ICD	27.5	30	7.35	121.4	6.61	>12
ICY	27.0	29	7.50	121.9	11.18	>12
Septiembre 2006						
ICW	27.5	31	7.40	122.9	15.64	
ICC	27.0	31	7.40	121.7	15.71	
ICA	28.0	30	7.40	123.4	15.29	
ICD	28.0	31	7.40	124.1	17.91	
ICY	27.5	31	7.40	122.9	15.82	
Enero 2007						
ICW	29.1	32	6.41	110.5	11.42	10
ICC	29.5	32	6.00	104.2	10.76	>15
ICA	29.7	31	6.60	114.4	17.55	>15
ICD	29.7	31	6.60	114.4	14.15	>15
ICY	29.3	31	6.50	111.8	10.94	>15

que la Isla del Coco se encuentra sobre una dorsal de salinidades bajas, alrededor de 32.93 ups; sin embargo, sus promedios trimestrales (ámbito de 32.4 a 33.27 ups) fueron mayores, probablemente, porque en el presente estudio las estaciones estuvieron ubicadas más cerca de la costa y fue notable la influencia de frecuentes lluvias y de la escorrentía desde la isla. Broenkow (1965) estableció que salinidades mayores a 34 ups son indicativas de una reciente surgencia de aguas profundas; por lo

tanto, en los alrededores de la isla durante las campañas realizadas no se detectó el efecto de este fenómeno, el cual es característico del Domo Térmico de Costa Rica, ubicado al noreste de la Isla cerca de los 9°N y 90°W. Fiedler y Talley (2006) clasificaron la masa de aguas superficiales tropicales (AST) del norte del ecuador, como aquella que tiene una temperatura mayor que 25°C y una salinidad inferior a 34 ups, mientras que la masa de agua a lo largo del ecuador, agua superficial

del ecuador (ASE), comprende temperaturas inferiores a 25°C y salinidades superiores a 34 ups. En este sentido, las aguas alrededor de la Isla del Coco corresponden definitivamente a AST (Cuadro 2).

Broenkow (1965) también determinó concentraciones de oxígeno disuelto de alrededor del 101% de saturación con respecto al equilibrio de solubilidad. En el presente estudio, estos valores promedio fueron mayores: 118.9% en noviembre 2001, 122.3% en junio 2003, 123.0% en septiembre 2006, 111.1% en enero 2007 (Cuadro 2), lo que ha establecido, inicialmente, un ámbito de magnitudes absolutas para la Isla de 102.0% a 127.5% de saturación. Los datos obtenidos para enero, coincidieron con temperaturas y salinidades más altas que las de las otras épocas muestreadas (Cuadro 2).

Los valores de la profundidad de penetración del disco de Secchi (Cuadro 2), revelaron en todos los casos las condiciones de alta transparencia de las aguas costeras de la isla, pues fueron superiores a los 10 m.

Con respecto a la concentración de nutrientes, destacó la presencia de fosfato en todas las muestras de agua de las campañas del 2001 al 2007 (Cuadro 3), con valores típicos de la región oceánica. Los promedios globales con su desviación estándar fueron 0.28 ± 0.08 $\mu\text{mol/L}$ en noviembre 2001, 0.33 ± 0.11 $\mu\text{mol/L}$ en junio 2003, 0.33 ± 0.04 $\mu\text{mol/L}$ en septiembre 2006 y 0.22 ± 0.17 $\mu\text{mol/L}$ en enero 2007. No obstante que el número de datos considerado es pequeño, resulta posible inferir que las concentraciones de fosfato fueron menores en enero, coincidentes con la época seca, y los ámbitos, organizados por sitio de muestreo (Cuadro 3), resultaron similares para las bahías de Wafer, Chatham e Yglesias (0.15, 0.18 a 0.36 $\mu\text{mol/L}$), más amplio en Cabo Atrevido (0.18 a 0.53 $\mu\text{mol/L}$), e inferior en la región de los islotes Dos Amigos (0.10 a 0.28 $\mu\text{mol/L}$). Para la región de la Isla del Coco, Lizano (2008), determinó una concentración promedio anual de fosfato de 0.33 $\mu\text{mol/L}$, al considerar promedios trimestrales dentro de un ámbito de 0.17 a 0.50 $\mu\text{mol/L}$, que incluye los datos obtenidos en este trabajo. Broenkow (1965)

encontró concentraciones promedio de fosfato de 0.41 ± 0.04 $\mu\text{mol/L}$, y Thomas (1966) reportó un promedio de 0.37 $\mu\text{mol/L}$. Las bajas concentraciones de fosfato del presente estudio se ajustaron al patrón típico del AST, de acuerdo con Pennington *et al.* (2006) y Fiedler y Talley (2006): promedio 0.3 $\mu\text{mol/L}$.

La variabilidad en la presencia de las formas nitrogenadas inorgánicas que caracteriza las aguas de la Isla del Coco, ha sido documentada por Broenkow (1965) y por Thomas (1966), trabajos que sugieren una remoción de estos nutrientes durante el crecimiento de las algas, antes de poder llegar a eliminar al fosfato y una alta desnitrificación (Pennington *et al.* 2006). En las cuatro campañas consideradas, el ámbito global incluyó concentraciones de nitrato no detectadas por el método de análisis, hasta 1.01 $\mu\text{mol/L}$ y el de nitrito estuvo entre concentraciones no detectadas y 0.76 $\mu\text{mol/L}$. En el Cuadro 3 se indica la suma de las concentraciones de estas dos especies químicas y destacan los valores relativamente altos de la campaña de noviembre 2001 (promedio de 0.63 ± 0.27 $\mu\text{mol/L}$) con respecto a las concentraciones obtenidas en enero 2007 (promedio de 0.10 ± 0.00 $\mu\text{mol/L}$). Lizano (2008), recopiló datos que proporcionaron un promedio anual para la concentración de nitrato, en las aguas de la Isla del Coco, de 1.6 $\mu\text{mol/L}$, dentro de un ámbito trimestral de 0.4 a 2.4 $\mu\text{mol/L}$.

El ámbito de las concentraciones de silicato (Cuadro 3), para las campañas de noviembre 2001, junio 2003 y septiembre 2006, fue desde concentraciones no detectadas por el método de análisis hasta 5.65 $\mu\text{mol/L}$, y en la campaña de enero 2007 el ámbito fue de 0.91 a 6.71 $\mu\text{mol/L}$. Estos valores incluyen el promedio dado por Pennington *et al.* (2006), para la CCEN de 2.5 $\mu\text{mol/L}$ y a su vez son inferiores al promedio en el Domo Térmico de Costa Rica, indicado por Franck *et al.* (2005), de 7.2 $\mu\text{mol/L}$. Lizano (2008), determinó para las aguas de la Isla del Coco un promedio anual de silicato de 2 $\mu\text{mol/L}$, dentro de un ámbito trimestral de 3 a 0.8 $\mu\text{mol/L}$, y un promedio anual de 2.9 $\mu\text{mol/L}$ para el Domo Térmico de Costa Rica. Por su parte, Broenkow (1965), aunque justificó la no

CUADRO 3
*Concentración de nutrimentos ($\mu\text{mol/L}$) y clorofila-*a* (mg/m^3), de las aguas superficiales (1 m) alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica*

Código de la Estación	Nitrato + Nitrito	Fosfato	Silicato	Clorofila- <i>a</i>
Noviembre 2001				
ICW	>0.14	0.36	>1.84	0.39
ICC	0.74	0.23	>1.84	0.34
ICA	0.76	0.18	>1.84	0.42
ICD	0.74	0.28	>1.84	-
ICY	0.76	0.36	>1.12	0.41
Junio 2003				
ICW	1.01	0.49	5.65	0.22
ICC	0.79	0.35	3.50	0.15
ICA	0.42	0.24	nd	0.14
ICD	nd	0.23	nd	0.14
ICY	0.76	0.36	nd	0.14
Septiembre 2006				
ICW	nd	0.36	nd	-
ICC	0.80	0.36	nd	0.05
ICA	nd	0.28	nd	0.02
ICD	nd	0.30	nd	0.02
ICY	nd	0.36	nd	0.25
Enero 2007				
ICW	0.10	0.15	1.30	0.19
ICC	0.10	0.15	0.91	0.19
ICA	0.10	0.53	2.15	-
ICD	0.10	0.10	1.69	0.16
ICY	0.10	0.18	6.71	0.05

n.d. = no detectado por el método de análisis químico. – Se dañó la muestra.

presentación de sus datos, estableció que las concentraciones tanto de nitrato como de silicato en las aguas superficiales cerca de la Isla del Coco son insignificantes.

La determinación de la concentración de clorofila-*a* en las aguas superficiales alrededor de la Isla del Coco, presentó un ámbito global de 0.02 a 0.42 mg/m^3 (Cuadro 3). Este límite inferior se encuentra dentro de los ámbitos típicos de las zonas oceánicas, mientras que el límite superior refleja una mayor concentración

de pigmentos fitoplanctónicos en la zona costera y en las zonas de surgencia (Valdez-Holguín *et al.* 1999, Durazo *et al.* 2005, Taludker 2005). Excepto para la campaña de noviembre 2001, en la que el promedio fue de $0.39 \pm 0.04 \text{ mg/m}^3$, en las demás los promedios de la concentración de clorofila-*a* fueron relativamente bajos y estuvieron cerca del reportado por Pennington *et al.* (2006) de 0.15 mg/m^3 para la CCEN.

La mayor variabilidad en la distribución de los datos de la concentración de materiales en

suspensión en las aguas de la capa superficial (Cuadro 3), se dio en la primera campaña de noviembre 2001, pues dentro del ámbito de 1.38 a 12.59 mg/L, su promedio y desviación estándar fueron 4.3 ± 4.8 mg/L. En junio 2003 el promedio con su desviación estándar fue 8.3 ± 2.1 mg/L, en septiembre 2006 fue 16.1 ± 1.0 mg/L y para enero 2007 fue 13.0 ± 2.9 mg/L. En estas tres campañas los recorridos de los ámbitos fueron más reducidos que para la primera (5.05 mg/L en junio, 2.62 mg/L en septiembre y 6.79 mg/L en enero). Estos valores reflejan una situación típica de la zona costera.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del cuerpo de guardaparques de la Isla del Coco, el apoyo al Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), al Ministerio de Seguridad Pública, a Jossi Naaman, propietario de las embarcaciones Sea Hunter y Undersea Hunter, a la Asociación MarViva que nos facilitó sus embarcaciones. A los capitanes y tripulantes de las embarcaciones mencionadas A Conservación Internacional, y al Sistema Nacional de Áreas de Conservación. La primera campaña, a bordo del guardacostas Santa María (1 al 8 de noviembre 2001), estuvo a cargo de J. García y de J. Picado. La segunda campaña, a bordo del B/Sea Hunter y del B/UnderSea Hunter (4 al 17 de junio 2003), estuvo a cargo de J. García y J. Acuña. En la tercera campaña (31 agosto al 10 de septiembre 2006), J.J. Alvarado actuó como encargado, a bordo del MV/ Proteus. La cuarta campaña (10 al 21 de enero 2007), estuvo a cargo de E. Gómez y J.A. Sibaja-Cordero, a bordo del MV/Phoenix.

RESUMEN

Se llevaron a cabo cuatro campañas oceanográficas en las aguas costeras superficiales de la Isla del Coco, Océano Pacífico de Costa Rica, y se recopiló información oceanográfica con respecto a su temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, profundidad de penetración del disco de Secchi, concentración de nutrientes (nitrato, nitrito, fosfato y silicato), clorofila-*a* y materiales en suspensión. Los valores de la temperatura, la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto fueron altos, con

ámbitos de 26.5 a 29.7°C, de 27 a 32 ups, y de 102.0 a 127.5% de saturación, respectivamente. Un fenómeno característico consistió en que la concentración de los nutrientes estuvo, con mucha frecuencia, por debajo de los límites de detección de la técnica analítica, excepto para el fosfato, que siempre estuvo presente en las muestras de agua, dentro de un ámbito de 0.10 a 0.53 $\mu\text{mol/L}$. La concentración de clorofila-*a* estuvo dentro del ámbito de 0.02 y 0.42 mg/m^3 y los materiales en suspensión entre 1.08 y 17.91 mg/L, lo cual puso en evidencia la influencia de las aguas oceánicas y costeras, ya que las concentraciones de pigmentos fitoplanctónicos eran más altas cerca de la costa.

Palabras clave: Costa Rica, Pacífico, Isla del Coco, nutrientes, clorofila-*a*, materiales en suspensión.

REFERENCIAS

- Alfaro, E.J. 2008. Ciclo diario y anual de variables troposféricas y oceánicas en la Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 19-29.
- Amador, J.A., E.J. Alfaro, O.G. Lizano & V.O. Magaña. 2006. Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.* 69: 101-142.
- Boza, M. 1992. Parques nacionales. Costa Rica. National Parks. Editorial Incafo, Madrid, España. 333 p.
- Broenkow, W.W. 1965. The distribution of nutrients in the Costa Rica Dome in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 10: 40-52.
- Cortés, J. & H.M. Guzmán. 1998. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica: descripción, distribución geográfica e historia natural de los corales zooxantelados del Pacífico. *Rev. Biol. Trop.* 46: 55-92.
- Durazo, R., G. Gaxiola-Castro, B. Lavaniegos, R. Castro-Valdez, J. Gómez-Valdés & A.D.S. Maskaarenhas Jr. 2005. Oceanographic conditions west of the Baja California coast, 2002-2003: A weak El Niño and subarctic water enhancement. *Cien. Mar.* 31:537-552.
- Fiedler, P.C. & L.D. Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.* 69: 143-180.
- Guzmán, H.M. & J. Cortés. 2007. Reef recovery 20 years after the 1982-1983 El Niño massive mortality. *Mar. Biol.* 151: 401-411.
- Lizano, O.G. 2008. Dinámica de aguas alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 31-48.
- Montoya, M. 1991. Isla del Coco, un ejemplo de isla oceánica, p. 86-87. *In:* J. Monge-Nájera (ed.). Introducción al estudio de la naturaleza. Una visión desde el trópico. Edit. UNED, San José, Costa Rica.

- Montoya, M. 2001a. La biota en una isla oceánica como la Isla del Coco. *Ambientico* 88: 11-12.
- Montoya, M. 2001b. La Isla del Coco. Criterios para una estrategia de investigación. *Ambientico* 88: 16-17.
- Parsons, T.R., Y. Maita & C.M. Lalli. 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon, Oxford, Reino Unido. 173 p.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167 (2nd ed.). Ottawa, Canadá.
- Taludker, A.B.M.A. 2005. Temporal and spatial variability of phytoplankton pigment concentrations in the Indian Ocean, derived from the CZCS time series images. *Cien. Mar.* 31:505-515.
- Thomas, W.H. 1966. Surface nitrogenous nutrients and phytoplankton in the northeastern tropical Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 11: 393-400.
- Valdez-Holguín, J.E., S. Álvarez-Borrego & C.C. Trees. 1999. Caracterización estacional y espacial de los parámetros fotosintéticos del fitoplancton del Golfo de California. *Cien. Mar.* 25: 445-467.