

ARTÍCULO



**CIOH**  
www.cioh.org.co

## Evaluación temporal del estado trófico y otros parámetros fisicoquímicos de la Bahía de Tumaco

Fecha de recepción: 2011-07-26 / Fecha de aceptación: 2011-09-15

**Germán Darío BASTIDAS PANTOJA**, germanbastidas@yahoo.com  
Área Técnica, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCCP), Vía El Morro, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia.

### RESUMEN

En este artículo se presenta una evaluación temporal de los índices de eutrofización asociados a nutrientes (amonio, nitrito+nitrato y fósforo); otras variables fisicoquímicas (oxígeno disuelto, materia orgánica total y sólidos suspendidos) y bioquímicas (demanda bioquímica de oxígeno -DBO5 y clorofila *a*), indicadores de la calidad del agua para la bahía de Tumaco, con base en los resultados obtenidos en el marco del estudio "Calidad del Agua y de la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la Costa Pacífica Colombiana", desarrollado durante los años 2008 y 2009 por el Área de Protección del Medio Marino - APROM- del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico - CCCC. Los resultados de la evaluación mostraron la existencia de índices que permiten clasificar a la mayoría de los puntos de muestreo y sus zonas adyacentes en ecosistemas oligotróficos con respecto a fósforo y amonio, exceptuando la estación 23, la cual presentó índices eutróficos para los compuestos nitrógeno oxidados (nitrito+nitrato) como consecuencia del aporte continental. Los valores encontrados para algunos parámetros como la materia orgánica total y demanda bioquímica de oxígeno, indican la existencia de puntos impactados debido a actividades antrópicas (estaciones 6 y 15); y aportes continentales (estaciones 20, 23 y 26), las cuales afectan la calidad del agua del ecosistema en estos puntos y sus zonas adyacentes; sin embargo, las concentraciones promedio de nutrientes en la bahía permiten clasificarla en un ecosistema oligotrófico.

**Palabras claves:** Eutrofización, parámetros fisico-químicos, Bahía de Tumaco.

### ABSTRACT

This article presents the temporal evaluation of eutrophication indexes associated with nutrients (ammonium, nitrite + nitrate and phosphorus); other physicochemical variables (dissolved oxygen, total organic matter and suspended solids) and biochemical (biochemical oxygen demand, BOD5 and chlorophyll *a*), indicators of water quality for Tumaco Bay, based on the results obtained in the framework of the study "Water Quality and Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Colombian Pacific Coast" developed during the years 2008 and 2009, by the Marine Environmental Protection Area "APROM" of the Oceanographic and Hydrographic Pacific Research Center "CCCCP". The evaluation results showed the existence of indices that permit classify most of the plot and its

adjacent areas in the oligotrophic systems with respect to the phosphorus and ammonium content, except for station 23, which reported eutrophic indices for the oxidized nitrogen compounds (nitrite + nitrate) as a result of the continental contribution. The values found for some parameters such as the total organic matter and the biochemical oxygen demand, which indicate the existence of points impacted due to human activities (stations 6 and 15), and continental inputs (stations 20, 23 and 26), which affect the ecosystem water quality at these points and adjacent areas, but the average concentrations of nutrients in the Bay allow it to be classified as an oligotrophic ecosystem classify.

**Key words:** Trophic state, physicochemical parameters, Tumaco Bay.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de los estados tróficos asociados a nutrientes y a los indicadores de la calidad del agua, constituye una de las formas más empleadas en el estudio de la contaminación marina costera. Los sistemas costeros, según el índice trófico de sus aguas se clasifican en: oligotrófico, que corresponde a aguas claras con bajas concentraciones de nutrientes, poca materia orgánica, baja cantidad de sedimentos en suspensión y una mínima actividad biológica; mesotrófico, caracterizado por aguas con concentraciones mayores de nutrientes y por lo tanto mayor actividad biológica y el estado eutrófico, que presenta aguas extremadamente ricas en nutrientes con alta productividad biológica [1].

Las aguas costeras con índices eutróficos obedecen generalmente a las descargas de aguas residuales de las zonas urbanas, aunado a escurrimientos que se presentan en zonas agrícolas y ganaderas.

La Bahía de Tumaco, se caracteriza por captar numerosos ríos de corto curso pero caudalosos; así mismo recibe subproductos no valorizados del desarrollo de diversas actividades, tales como las portuarias, comerciales, industriales, entre otras. En este aspecto se han tornado ciertos puntos de la bahía como los sitios con los mayores problemas de contaminación. Es el caso de los sectores adyacentes al Puente El Pindo debido a la sinergia de diversos factores como la entrada de residuos oleosos, el vertimiento directo de aguas residuales y subproductos de la preparación de la madera, entre otros.

Asociado con las problemáticas citadas anteriormente, se debe indicar igualmente que el 5% del municipio de Tumaco cuenta con red de alcantarillado para la evacuación de aguas residuales y que cerca del 40% de los residuos sólidos y el 50% de los residuos líquidos domésticos son

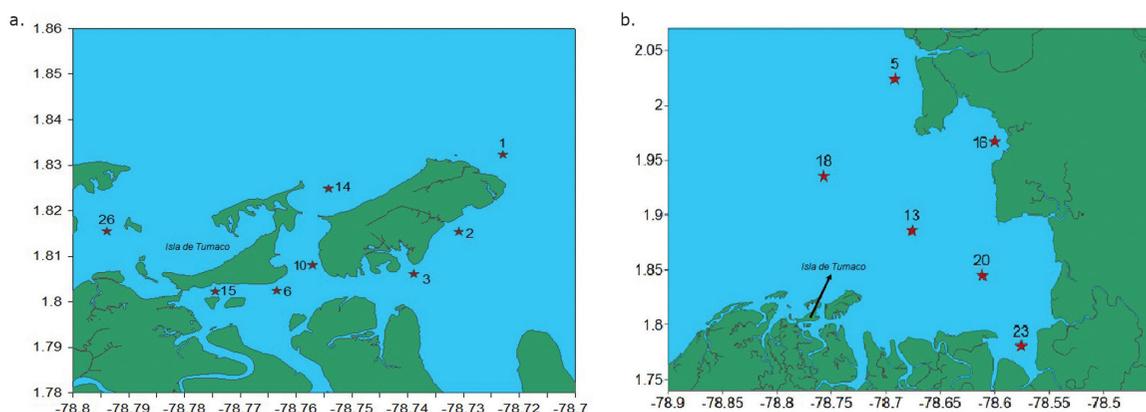
dispuestos directamente al mar sin tratamiento alguno, afectando la calidad de los cuerpos de agua receptora, los ecosistemas marinos y los recursos asociados [2].

Se estima que las cargas de nutrientes aportadas a las aguas costeras por las descargas domésticas y continentales en la bahía suman alrededor de 197 ton/año de nitrógeno y 79 ton/año de fósforo [2], ya que como es sabido, la descarga crónica de nitrógeno y fósforo en sus diferentes formas, orgánicas e inorgánicas, es la causa principal de fenómenos de desequilibrio ecológico [3].

En este aspecto, la evaluación temporal de los índices de eutrofización asociados a nutrientes (amonio, nitrito+nitrato y fósforo) y otros parámetros fisicoquímicos indicadores de la calidad realizada a las aguas de la bahía de Tumaco, permitió realizar un diagnóstico de las condiciones de eutrofización del estuario, identificar los puntos con mayor impacto contaminante y los factores asociados a su producción.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Tumaco, catalogada como la mayor entrante del litoral nacional, se ubica en el extremo sur de la costa Pacífica colombiana, en el departamento de Nariño; entre las latitudes 1°45' y 2°00' norte y las longitudes 78°30' y 78°45' oeste, comprendiendo un área de aproximadamente 350 km<sup>2</sup>, con profundidades que varían entre 0 y 50 metros [4], subdividida en dos regiones claramente diferenciadas: una de tipo oceánico (noroeste de la línea imaginaria entre Bocagrande e Isla del Gallo), de profundidades superiores a los 40 metros, y una interna, de tipo somero, cuya batimetría exhibe mediciones de 1 a 10 metros. Limita por el oeste con el Océano Pacífico; al este bordeada por el continente, con los sectores de Llanaje, Soledad y La Chorrera;



**Figura 1.** Estaciones de Muestreo: a) Estaciones de muestreo cercanas a Tumaco y b) Estaciones de muestreo en la bahía. Fuente: Estudio de Calidad del Agua y de la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la Costa Pacífica Colombiana, APROMM-CCCP, 2008 y 2009.

al norte con Isla Gallo y Salahonda; y al sur con el borde costero comprendido entre Bocagrande y Trujillo.

El ecosistema costero que interactúa con la bahía se caracteriza por una hidrografía compuesta por cuencas y micro cuencas, entre las que se encuentran los ríos Tablones, Rosario, Patía, Caunapí, Mejicano, Chagúí, Colorado y Curay; además de una extensa zona de esteros, siendo los más reconocidos: El Guandaraño, Natal, Aguacalara, Resurrección, Las Varas, La Pampa, Tambillo, Trapiche, Cuéllar, Curay, Micay y Llanaje.

La temperatura ambiente en la bahía presenta un ciclo monomodal, caracterizado por promedios de temperatura entre los 24.5°C y 27.7°C durante todo el año, siendo las más altas en el primer y segundo trimestre. Los promedios mensuales multianuales de temperatura permiten establecer dos épocas definidas así: época cálida de febrero a junio y época fría de julio a enero [2].

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto OD, demanda bioquímica de oxígeno DBO5, materia orgánica total MOT, clorofila *a* y sólidos suspendidos totales (SST) y nutrientes (amonio, nitritos, nitratos y fosfatos), correspondientes a muestras de agua recolectadas durante marea baja en 16 estaciones, distribuidas en la bahía de Tumaco (figura 1), monitoreos llevados a cabo durante el primer y

tercer trimestre de 2008 y 2009, en el marco del estudio "Calidad del Agua y de la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la Costa Pacífica Colombiana", desarrollado por el Área de Protección del Medio Marino -APROMM- del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico CCCP. En el tratamiento analítico se aplicaron procedimientos estandarizados y validados por el Laboratorio de Química del CCCP, así: para la determinación de amonio se aplicó el método colorimétrico azul de indofenol [6]; para nitritos el método colorimétrico de la sulfanilamida [7]; para nitratos el método colorimétrico de reducción con cadmio-cobre [6]; para fosfatos el método del ácido ascórbico [8]; para clorofila *a* el método tricromático [9]; para el oxígeno disuelto el método volumétrico de Winkler [9], la demanda bioquímica de oxígeno aplicando el método del oxígeno disuelto al inicio y a los cinco días de incubación, sin inoculación; y para sólidos totales en suspensión por el método gravimétrico [9].

Se determinaron los índices tróficos aplicando la ecuación descrita por Karydis [5].

$$I = \frac{C}{C - \text{Log}x} + \text{Log}A \quad (1)$$

Donde *I*: es el índice de trófico por nutriente en cada estación de muestreo. *C*: es el logaritmo de la concentración total del nutriente, durante el período de estudio. *X*: Es la concentración total del nutriente en la estación, durante el período de estudio. *A*: Es el número total de estación que se incluyen en el estudio.

**Tabla 1.** Resultados parámetros fisicoquímicos, muestreos primer trimestre. M1-2008 y M2-2009.

Estación	SST (mg/L)		OD (mg O <sub>2</sub> /L)		DBO5 (mg O <sub>2</sub> /L)		MOT (mg O <sub>2</sub> /L)		Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
1	6.10	6.60	6.52	6.10	0.48	1.18	2.19	3.16	3.29	5.18
2	4.50	4.80	6.72	6.10	0.80	0.74	2.00	3.59	2.92	5.49
3	8.80	5.50	6.96	6.50	1.21	1.06	2.27	2.01	4.98	5.03
5	9.90	6.60	6.23	6.40	0.22	0.58	2.14	1.64	2.83	2.11
6	5.60	4.80	6.72	5.40	1.14	0.83	2.48	3.95	8.60	6.13
10	6.00	3.40	6.28	5.70	1.06	0.00	2.66	3.19	6.32	5.95
13	8.20	5.60	6.01	6.50	0.78	1.20	2.51	0.69	4.59	2.57
14	5.90	5.40	6.90	6.50	0.80	1.82	2.80	2.49	4.99	3.57
15	10.00	11.50	6.48	6.60	1.67	1.14	1.50	4.01	10.14	11.25
16	0.00	9.30	5.58	4.50	0.89	1.44	6.18	2.48	10.40	3.02
18	0.90	3.50	6.38	6.60	0.02	1.03	1.49	2.20	0.90	1.10
20	0.00	19.70	6.02	N/D	0.83	2.53	2.04	2.16	4.16	11.58
23	35.50	18.50	5.32	6.10	2.34	2.52	3.60	3.79	4.30	9.87
26	11.20	33.50	6.22	6.60	0.88	1.78	2.37	2.08	2.72	1.70
<b>Promedio</b>	<b>9.38</b>	<b>9.91</b>	<b>6.31</b>	<b>6.12</b>	<b>0.94</b>	<b>1.37</b>	<b>2.59</b>	<b>2.67</b>	<b>5.08</b>	<b>5.33</b>

El valor del índice trófico permite clasificar los ecosistemas en las siguientes categorías, así: mayor a 5 representa un estado eutrófico; entre 3 y 5 mesotrófico y menor a 3 oligotrófico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los muestreos realizados en el primer trimestre de cada año, relacionados en la tabla 1, las concentraciones medias de OD en la bahía fueron de 6.31 y 6.12 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente, para los muestreos del tercer trimestre de cada año, relacionados en la tabla 2, los valores promedio estuvieron entre de 5.68 y 6.00 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente, valores que superan los 4 mg O<sub>2</sub>/L establecido para la preservación de la flora y la fauna, según el Decreto 1594 (MINSALUD, 1984) e igualmente permite catalogarlas como óxicas, de buena calidad (OD entre 4 y 8 mg O<sub>2</sub>/L), según la Clasificación Ecológica Estandarizada Costera y Marina [11]. Indicando un marcado proceso de reaireación de las aguas como consecuencia de la interacción océano, atmósfera, vientos, corrientes, olas, entre otros factores; favoreciendo la vida acuática.

La DBO5 durante los muestreos del primer trimestre presentó valores promedio de 0.94 y 1.37 mg O<sub>2</sub>/L. El incremento observado para el segundo muestreo se produjo principalmente por un aumento en la concentración del parámetro en las estaciones 16, 20, 23 y 26, ubicadas cerca de las desembocaduras de los ríos Rosario, Mejicano, Chagüi y Mira. Los valores obtenidos en las estaciones 20 y 23 (figura 1), durante tres de los cuatro muestreos llevados a cabo, permiten identificar estos puntos como críticos por contaminación por materia orgánica biodegradable, tomando en cuenta que según Clark [12], el valor máximo considerado para estuarios no contaminados es de 2.0 mg O<sub>2</sub>/L.

El contenido promedio de MOT, asociado a la oxidabilidad química de la materia orgánica, durante los muestreos de primer trimestre fueron de 2.59 y 2.67 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente; las estaciones 23 con 3.79 mg O<sub>2</sub>/L y la 16 con 6.18 mg O<sub>2</sub>/L, fueron las que presentaron los valores más altos; otros puntos importantes de aporte orgánico fueron las estaciones ubicadas alrededor de las islas de Tumaco y El Morro (estaciones

**Tabla 2.** Resultados parámetros fisicoquímicos, muestreos tercer trimestre. M1 -2008 y M2 - 2009.

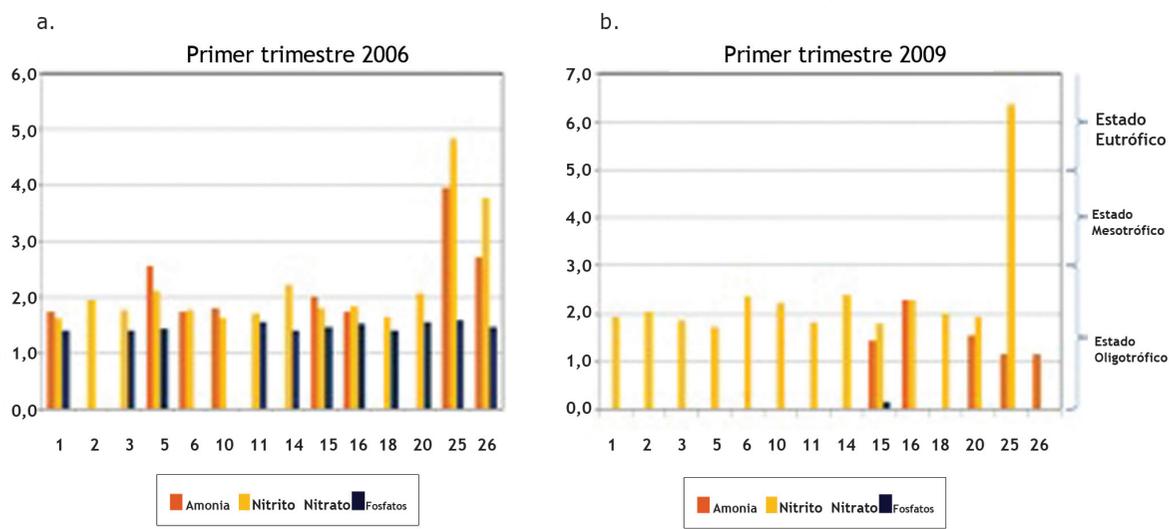
Estación	SST (mg/L)		OD (mg O <sub>2</sub> /L)		DBO5 (mg O <sub>2</sub> /L)		MOT (mg O <sub>2</sub> /L)		Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
1	17.70	9.00	5.47	5.99	0.33	1.33	1.99	1.17	3.67	1.75
2	27.10	4.00	5.65	5.79	0.50	0.76	0.00	1.78	3.28	2.23
3	22.80	3.40	5.44	6.12	0.40	0.99	2.75	1.59	3.58	1.89
5	4.40	13.00	6.51	6.82	0.74	0.54	3.32	1.01	0.99	1.75
6	50.80	13.80	4.21	5.27	0.26	0.99	3.37	0.92	5.04	4.83
10	0.00	3.20	5.17	5.94	0.07	0.94	0.77	0.99	5.50	2.86
13	33.70	6.60	0.00	6.24	2.42	0.76	3.56	1.20	8.47	3.67
14	19.10	8.00	5.78	5.99	0.45	0.98	1.31	1.11	2.69	3.57
15	21.70	40.00	5.45	5.18	1.36	1.34	2.82	1.48	6.73	5.28
16	24.80	18.60	0.00	5.87	1.33	0.85	5.27	1.92	3.23	9.91
18	3.50	37.40	6.77	6.32	0.80	1.15	3.13	0.54	0.54	1.10
20	67.00	12.60	0.00	6.62	2.77	2.10	7.19	1.41	11.25	0.00
23	45.20	12.80	6.28	5.73	2.07	2.14	4.78	1.36	0.00	5.53
26	19.10	10.60	5.75	6.15	0.03	0.84	0.21	3.48	1.56	1.00
<b>Promedio</b>	<b>27.46</b>	<b>13.79</b>	<b>5.68</b>	<b>6.00</b>	<b>0.97</b>	<b>1.12</b>	<b>3.11</b>	<b>1.43</b>	<b>4.35</b>	<b>3.49</b>

3, 6, 10 y 15) (figura 1), presentando un valor promedio de 2.76 mg O<sub>2</sub>/L para los dos muestreos realizados. Durante los muestreos realizados en el tercer trimestre se observó un mayor contenido de MOT durante el muestreo de 2008, con un valor promedio de 3.11 mg O<sub>2</sub>/L frente al 1.43 mg O<sub>2</sub>/L obtenido en el segundo muestreo. El comportamiento observado en la MOT, refleja que aunque los aportes a la bahía son incesantes, no es posible definir tendencias de aumento o disminución en el tiempo [13]; favorecido por el recambio mareal permanente que se presenta en la bahía. La relación promedia total de las concentraciones de MOT y DBO5 fue de 2.3, lo que puede indicar un índice de biodegradabilidad moderado.

El contenido de SST durante los muestreos de primer trimestre presentó promedios entre 9.38 y 9.91 mg/L, observándose que el mayor aporte de sólidos a las aguas de la bahía se presenta en las estaciones cercanas a las desembocaduras de los ríos (estaciones 15, 16, 23 y 26) (figura 1). Para los muestreos realizados durante el tercer trimestre se observó un claro aumento en el contenido de SST en el primer muestreo, con un valor promedio de 27.46 mg/L, hecho

que posiblemente obedeció a un incremento en el nivel de precipitación (294.80 mm), el cual fue un 86% mayor respecto al presentado para el mismo periodo del año siguiente, en el cual se presentó un promedio de SST de 13.79 mg/L (fuente: Estación climatológica principal CCCP-IDEAM, Tumaco, 2008 - 2009).

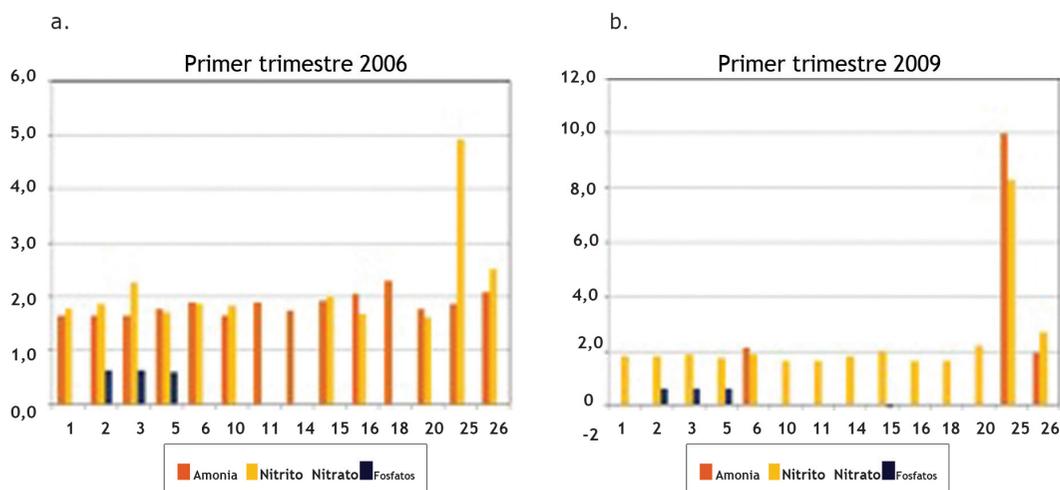
El contenido de clorofila *a*, permite estimar indirectamente la actividad biológica en el medio y, por ende, la salud del ecosistema; en este aspecto, durante los muestreos realizados en el primer trimestre se presentaron valores promedio de 5.08 y 5.33 mg/m<sup>3</sup> respectivamente. Para los muestreos del tercer trimestre, estos valores fueron de 4.35 y 3.49 mg/m<sup>3</sup> respectivamente; estos resultados permiten clasificar a la bahía tomando en cuenta el balance de producción y consumo con índices mesotróficos de clorofila *a* (clorofila *a* entre 5 y 50 mg/m<sup>3</sup>) en los primeros trimestres de cada año y oligotróficos en los terceros trimestres (clorofila *a* menor a 5 mg/m<sup>3</sup>) según la Clasificación Ecológica Estandarizada Costera y Marina [11], indicando que no se evidencian excesos de actividad biológica por eutrofización de las aguas en el área de estudio.



**Figura 2.** Índices tróficos por estación, primer trimestre. a) 2008 y b) 2009.

La determinación de los índices tróficos en la bahía presentó índices oligotróficos para todos los nutrientes (amonio, compuestos nitrógeno oxidados y fosfatos) en la mayoría de estaciones durante los muestreos del primer trimestre (figura 2), excepto en la estación 23 (figura 1), la cual presentó índice mesotrófico para el amonio, oligotrófico para los fosfatos y eutrófico para los compuestos nitrógeno oxidados, este fenómeno pudo ser favorecido por un aumento en las escorrentías de suelos agrícolas, que son la principal fuente de nutrientes en este tipo de aguas.

Para los muestreos realizados en tercer trimestre se observó el mismo comportamiento para todos los nutrientes, lo que permite identificar una baja influencia de la época climática en su comportamiento en las aguas de la bahía (figura 3). Las bajas concentraciones encontradas en los fosfatos permitieron identificar ecosistemas con índices oligotróficos en todas las estaciones de muestreo, independientemente de las fuentes que afectan a cada sector, lo que establece al fósforo como el nutriente limitante en los procesos biogeoquímicos.



**Figura 3.** Índices tróficos por estación, tercer trimestre. a) 2008 y b) 2009.

## CONCLUSIONES

Los vertimientos de agua, producto de las actividades domésticas, comerciales, de transporte e industriales, sumados a las escorrentías de los suelos, son la principal fuente de contaminación (nutrientes y materia orgánica biodegradable) de origen antrópico en las aguas cercanas a los centros poblados.

Las descargas de los ríos que desembocan en la bahía son la mayor fuente de sólidos, nitrógeno inorgánico y materia orgánica biodegradable que ingresan a las aguas de la bahía, constituyéndose en el sustrato biodegradable que afecta la calidad del agua.

Los valores promedio encontrados en los nutrientes (amonio, nitritos + nitratos y fosfatos) permiten establecer que la bahía es un estuario con bajos contenidos de nutrientes.

En la Bahía de Tumaco, la variabilidad temporal en los niveles de materia orgánica y nutrientes, obedecen a la entrada continua de sustancias y al desarrollo de procesos simultáneos de auto depuración favorecidos por la dinámica de la zona, situaciones que no permiten establecer tendencias definidas de aumento o disminución en el tiempo.

Los índices tróficos observados para los nutrientes, permitieron identificar de forma general al ecosistema de la bahía con índice oligotrófico, lo que es un indicativo de que no existen evidencias de fenómenos de eutrofización de las aguas costeras.

Los procesos de oxidación de los compuestos nitrogenados que se llevan a cabo, muestran que la velocidad de consumo de oxígeno disponible en el medio y necesaria para formación de las formas oxidadas de nitrógeno inorgánico (Nitratos y Nitritos) no superan la velocidad de producción, por lo que no se presentan condiciones de anoxia (oxígeno disuelto por debajo de 4 mg O<sub>2</sub>/L) en ninguno de los periodos analizados.

Los niveles observados en el oxígeno disuelto se encuentran dentro de un rango adecuado para sostener la vida del ecosistema y cumplen con los lineamientos establecidos para la preservación de la flora y fauna en aguas marinas o estuarina, según el Decreto 1594 (MINSALUD, 1984), permitiendo clasificar las aguas como de buena calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] US-EPA. 1997. Protecting Coastal Waters from Nonpoint Source Pollution. In: U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C. USA. 841-F-96-004E.
- [2] Garay Tinoco Jesús A., Gómez López Diana, Ortíz Galvis Javier R. 2006. Diagnóstico Biofísico Integral y Socioeconómico Relativo al Impacto de la Fuentes de Contaminación Terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un plan de manejo. Proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Programa de Acción Mundial y Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS. 290 pp.
- [3] Ramírez G., L.J. Vivas, J. Garay y B. Marín. 2006. Inventario y Caracterización de Fuentes Terrestres Fijas de Contaminación sobre las Áreas Marinas y Costeras del Caribe Colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, Programa Calidad Ambiental Marina, Informe Técnico, Santa Marta.
- [4] Tejada, C. L. Castro, A. Navarrete, T. Cardona, L. Otero, F. Afanador, A. Mogollón y W. Pedroza. 2003. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. Centro Control Contaminación del Pacífico. Dirección General Marítima, Volumen 3. 109 pp.
- [5] Montalvo J.F, Perigó E, Espinosa J, García I. 2000. Prospección de variables hidroquímicas de calidad ambiental en la zona del litoral entre el río Hatiguanico y Majana. Contribución a la educación y protección ambiental.
- [6] Strickland, J.D. y. Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada. Second Edition. Ottawa, Canada.
- [7] Bendschneider, K., Robinson, R.J. 1952. "A new Spectrophotometric Method for the determination of nitrite in sea water. Journal Marine. Res.,11:p 87-96.
- [8] Murphy, J. y Riley J. P. 1952. A modified single solution method for the examination on phosphate in natural water. Anal. Chim. Acta.

- [9] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WPCF. U.S.A., 21th Edition, 2005.
- [10] Centro Control Contaminación del Pacífico. Estudio de la Calidad del Agua y de la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la Costa Pacífica Colombiana. 2008. Dirección General Marítima. Informe Final. Tumaco, Colombia.
- [11] Clasificación Ecológica Estandarizada Costera y Marina – Versión III: La clasificación de referencia para hábitats marinos para la Red Temática de Ecosistemas IABIN NatureServe y NOAA Christopher J. Madden, Kathleen Goodin, Rebecca Allee, Danielle Bamford, Mark Finkbeiner. 2008.
- [12] Clark, R. B. 1986. Marine Pollution. Ciencias Marinas, Volumen 21. Clarendon, Oxford University Press, New York.
- [13] Centro Control Contaminación del Pacífico. Estudio de la Calidad del Agua y de la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en la Costa Pacífica Colombiana. 2009. Dirección General Marítima, Informe Final. Tumaco, Colombia.