

## CORRELACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS CON LA DINÁMICA EN LA BAHÍA DE TUMACO

### *CORRELATION OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS WITH THE DYNAMICS IN THE BAY OF TUMACO*

Germán Darío Bastidas<sup>1</sup>, Robinson Fidel Casanova Rosero<sup>2</sup>, Clara Nathalia Celis Melo<sup>3</sup>

Área de Protección del Medio Marino,  
Dirección General Marítima-Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP),  
Vía El Morro, Capitanía de Puerto de Tumaco, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia  
<sup>1</sup>germanbastidas\_iq@yahoo.es, <sup>2</sup>rcasanova@dimar.mil.co, <sup>3</sup>clarancm@yahoo.es

**Bastidas, G., Casanova, R. y Celis, C. 2008.** Correlación de parámetros con la dinámica en la Bahía de Tumaco. Boletín Científico CCCP, (15) 83-89.

#### RESUMEN

El presente artículo tiene como finalidad mostrar el comportamiento espacial de algunos parámetros fisicoquímicos asociados a las corrientes que se presentan en la bahía de Tumaco, donde los recambios mareales juegan papel trascendental en la dinámica y en la distribución espacial de las concentraciones de las variables fisicoquímicas, como consecuencia de una interacción continua entre aguas oceánicas y continentales; de tal forma que durante la marea subiente las masas de aguas polihalinas de origen oceánico, con niveles de oxígeno disuelto próximos a saturación, penetran con un frente definido y ajustado por la geomorfología de la bahía hacia la parte este, generando una represión de los ríos. Posteriormente, durante el período de marea bajante, las aguas oceánicas, mezcladas con las aguas dulces, generan variaciones en los parámetros hidroquímicos y fluyen con una proyección en dirección noreste. Esta estrecha relación entre la dinámica y el comportamiento espacial de los parámetros fisicoquímicos se propone como una respuesta a la dirección de un patrón general de corrientes asociada al transporte de sustancias para un momento determinado.

**Palabras clave:** Bahía de Tumaco, nutrientes, hidrodinámica, salinidad, parámetros fisicoquímicos.

#### ABSTRACT

The present article has as intention show the spatial behavior of some parameters physicochemical associated with an approximation of the dynamics that one presents in Tumaco's bay; where the tide plays a role transcendental in the spatial distribution of the concentrations of the parameters physicochemical, and it unleashes a constant interaction between (among) oceanic and continental waters; in such a way that during tide rising the water masses polihalines, with levels of oxygen dissolved close to saturation and of oceanic origin they penetrate with a front definite and fitted by the geomorphology of the Bay towards the part East, to generate a repression of the rivers, and during the period of tide lowing the oceanic waters mixed with the sweet waters generate variations in the parameters hydrochemical and flow North-east being projected in direction; this narrow relation among the dynamics and the spatial behavior of the parameters physicochemical, he(she) proposes as a response to the direction of a boss of currents associated with the transport of substances in a certain moment.

**Key words:** Tumaco Bay, nutrients, hydrodynamic, salinity, physicochemical parameters.

## INTRODUCCIÓN

Las mareas en la costa Pacífica colombiana son de tipo semidiurno, con un período de aproximadamente 12.5 horas, dando lugar a un sistema de mareas vivas y muertas conocidas como sicigia y cuadratura (CCCP, 2003). El comportamiento de las corrientes en la bahía de Tumaco presenta dos patrones distintos; en verano la circulación es anticiclónica con una corriente costera hacia el sur, y en invierno es ciclónica con una corriente costera al norte y afloramientos oceánicos en la mitad de la corriente Pacífico Colombia-CPC (Rodríguez *et al.*, 2003), generando unos patrones de circulación alrededor de las islas producidos por el oleaje, los cuales son responsables de las geoformas existentes en la costa y otras en la zona más abierta, originadas principalmente por la marea y modificadas localmente por gradientes termohalinos y la batimetría de la zona (Tejada *et al.*, 2003).

En la bahía se presenta una fuerte interacción entre las aguas que vierten los diferentes ríos, los cuales se caracterizan por ser de corto cauce pero caudalosos, y las aguas de origen oceánico que se proyectan hacia la costa; estos factores sumados al oleaje, las fronteras sólidas (acantilados, playas), los vientos y las variaciones en el relieve del fondo hacen que en algunos puntos del área se presenten condiciones de alta turbulencia como son los sectores ubicados frente a las islas La Viciosa y Cascajal, y Punta Laura, y alternativamente zonas amortiguadas con una baja turbulencia generalmente hacia el centro de la bahía. Dichos factores hacen que haya sectores con características únicas asociadas al transporte y a la distribución espacial de sustancias, como es el caso del sector de La Caleta, donde las aguas presentan alta turbidez, como consecuencia de la recepción de gran cantidad de sólidos suspendidos provenientes del arrastre de las aguas de los ríos adyacentes (Figura 1).

De esta forma la Bahía de Tumaco se constituye en un ecosistema donde interaccionan dos tipos de aguas con características hidroquímicas marcadas, lo que genera un espectro de variación entre ellas, en un espacio delimitado entre las desembocaduras de los ríos y una línea recta imaginaria que conecta los extremos de la isla El Morro con la punta inferior de isla Gallo.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la Bahía de Tumaco, ubicada en el extremo sur de la costa pa-

cífica colombiana, en el departamento de Nariño, considerada como la mayor entrante del litoral nacional. Abarca un área aproximada de 350 km<sup>2</sup>, comprendidos desde la desembocadura del río Patía (Salahonda), al norte, hasta la desembocadura del río Mira (sector de Cabo Manglares), al sur; con profundidades que varían entre los 0 y los 50 m (Tejada C., 2002), delimitada por las latitudes 1° 45' 00" y 2° 00' 00" N y las longitudes 78° 30' 00" y 78° 45' 00" W (Figura 1).

Las estaciones consideradas para la evaluación de parámetros fisicoquímicos hacen parte de la malla establecida para el estudio sistemático de calidad de aguas, adelantado por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP). Éstas se encuentran distribuidas a lo largo y ancho de la bahía (Figura 1), en puntos representativos del área, debido a que reflejan la influencia de los diferentes factores que afectan las características del agua, entre los que se cuentan: los vertimientos de aguas residuales domésticas, las descargas de ríos, aguas oceánicas y escorrentías. De tal forma que cada una tiene sus propias características fisicoquímicas, como producto de estas interacciones, y al someterse a una acción de transporte debida a la dinámica en el área genera un resultado reflexivo entre el comportamiento espacial de la distribución de sustancias y la dinámica en el área de estudio.

## METODOLOGÍA

La metodología para el análisis del artículo se fundamentó en la utilización de la aproximación del comportamiento dinámico de las aguas en la Bahía de Tumaco propuesto por Málikov (2002) y el comportamiento de las distribuciones espaciales de los resultados obtenidos de los diferentes parámetros hidroquímicos durante 2008, en el marco del 'Estudio de calidad de aguas en las principales bahías del Pacífico colombiano', adelantado por el CCCP, mediante la utilización del programa Surfer versión 8.0; lo cual permitió corroborar una relación estrecha entre estos dos componentes e inferir un patrón general de corrientes en la bahía.

Dentro de este contexto, la medición de la salinidad se hizo por el método conductivimétrico, por medio de un multiparámetros WTW (modelo 340i/set). La determinación de amonio se realizó por el método propuesto por Murphy y Riley (1952)



Figura 1. Área de estudio, Bahía de Tumaco

y modificado por Strickland y Parsons (1972), ampliamente conocido como el ‘Método del azul de indofenol’; los fosfatos por el método del ácido ascórbico, desarrollado por Murphy y Riley (1952) y recomendado por Strickland y Parsons (1972) y FAO (1975); los nitritos a través del método de la sulfanilamida, modificado por Bendschneider y Robinson (1952), y los nitratos por el método de reducción con cadmio descrito por Strickland y Parsons (1972).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las distribuciones espaciales para los parámetros fisicoquímicos observados en la Bahía de Tumaco son consecuencia de la hidrodinámica en el área, que permite inferir un patrón general de las corrientes en la bahía.

El comportamiento dinámico de las aguas en la bahía de Tumaco, propuesto por Málíkov (2002) (Figura 2), asociado al comportamiento espacial de los parámetros fisicoquímicos y nutrientes obtenidos durante 2008, reflejó una estrecha relación entre estos componentes. Con respecto a los nutrientes, éstas son sustancias no conservativas; sin embargo, en la bahía de Tumaco se presentó su aporte per-

manente y de sustancias alóctonas, a través de los ríos, lo que conlleva caracterizar que hacia la zona oriental siempre se presenten los niveles más altos de nutrientes, independientemente del régimen mareal y épocas estacionales, relacionándolos con la dinámica del área.

En relación con la salinidad, la cual se ve afectada por la interacción de las aguas de los ríos con las aguas polihalinas, es un claro ejemplo en el que se observa la generación de un gradiente espacial característico de la bahía (Figura 3a); el cual permite observar durante el período de marea alta el movimiento de una masa de agua que se proyecta por la parte central de la bahía, con un frente definido en dirección hacia La Caleta. Sin embargo, a medida que avanza éste se va deformando y/o debilitando como consecuencia de la fuerza de las masas de agua aportadas por los ríos Rosario, Mexicano y Tablones, tornándole además una ligera bifurcación, una con dirección hacia la desembocadura del río Curay, adyacente al sector de Punta Laura que se caracteriza por una alta turbulencia como producto del impacto frontal de la masa de agua polihalina con los acantilados, aspecto reflejado en el comportamiento espacial de

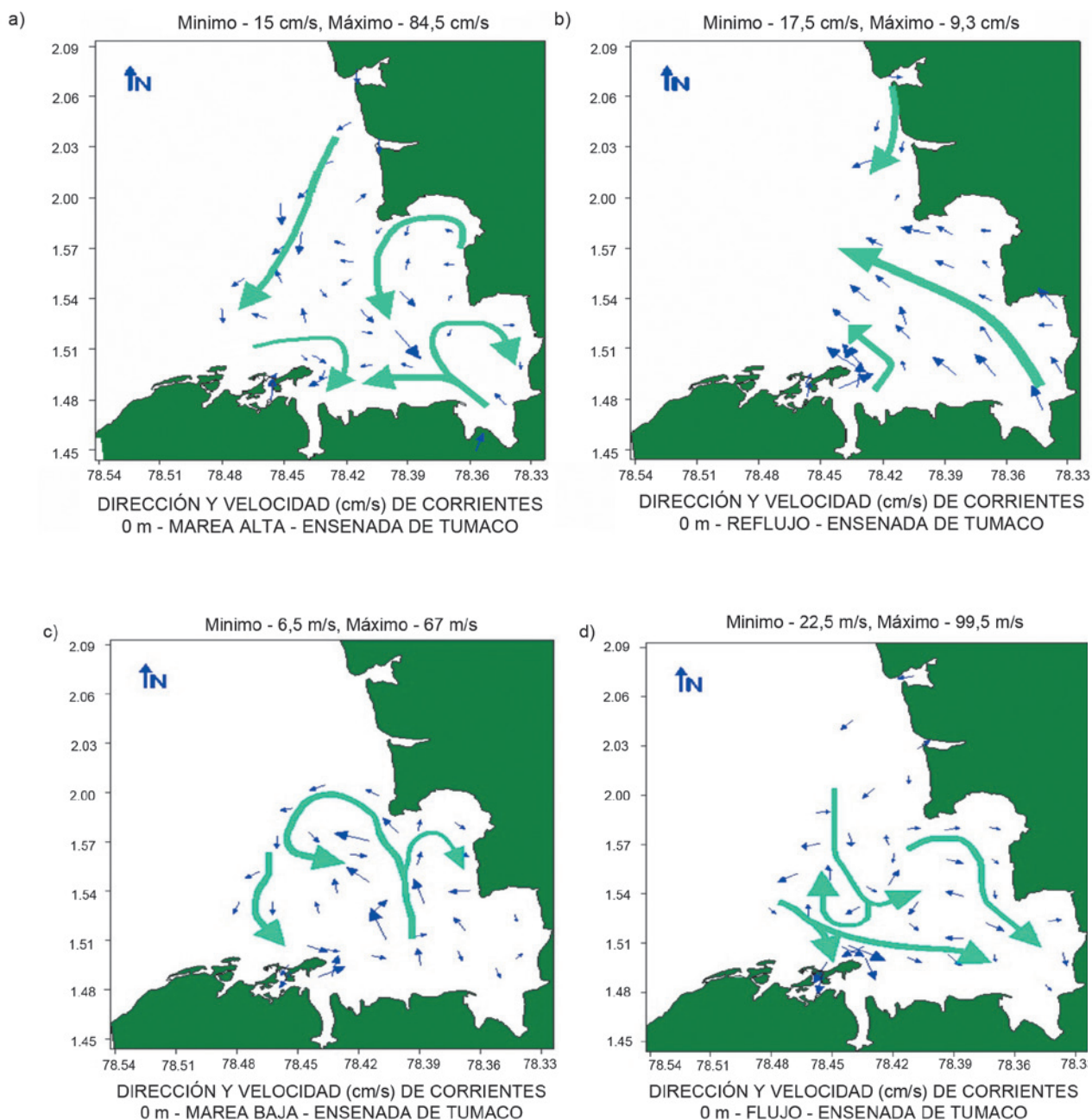


Figura 2. Aproximación a la dinámica de las aguas superficiales en la Bahía de Tumaco. a) Marea alta, b) Reflujo, c) Marea baja, d) Flujo.

este parámetro. La otra bifurcación avanza hacia el sector de las playas de El Morro y hace que el gradiente tenga un comportamiento homogéneo en esta parte de la bahía.

Durante el período de marea baja (Figura 3b), las isolíneas con características mesohalinas que se originan en las desembocaduras de los ríos Mexicano, Tablones y Rosario (Estación No. 20), se propa-

garon en dirección noroeste, formando un gradiente salino marcado. Éstas, a medida que salen hacia la parte externa, van perdiendo gradualmente sus características y una vez alcanzan la Estación No. 13 se tornan prácticamente polihalinas, fruto del contacto con la masa de agua oceánica. Cabe resaltar que estos ríos imparten características mesohalinas al sector de La Caleta, independientemente del

período de marea. Un comportamiento similar se presentó en la desembocadura de un brazo del río Mira (estero La Coba), específicamente donde se

ubica la Estación No. 26, donde se infiere cómo la fuerza de las aguas acciona sobre el frente oceánico.

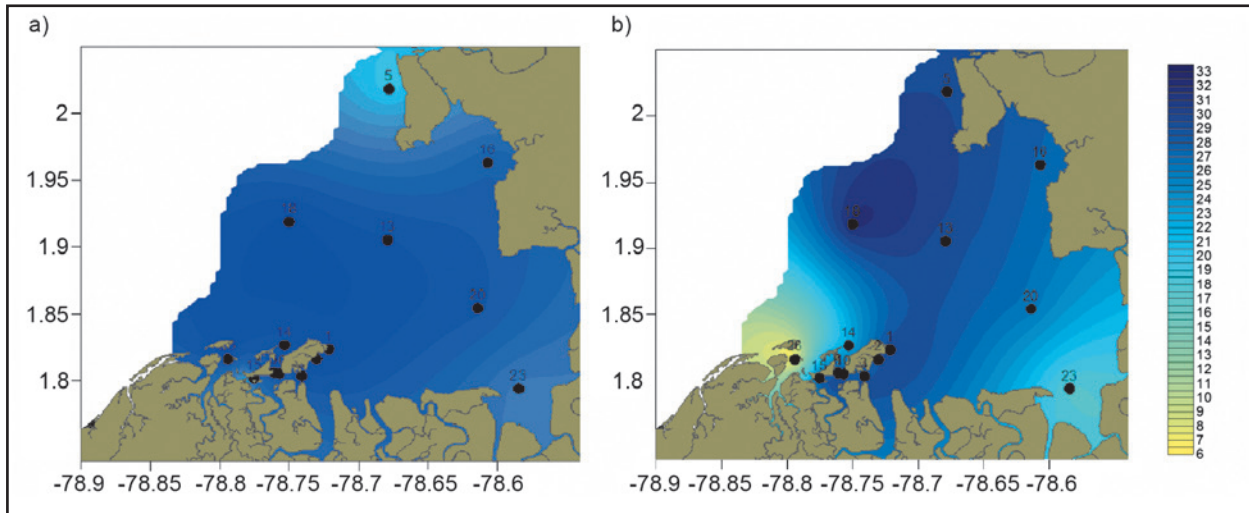


Figura 3. Comportamiento espacial de salinidad durante el primer muestreo en la bahía de Tumaco, para los períodos de marea: a) alta y b) baja.

La distribución de los fosfatos en la bahía reflejó el comportamiento general presentado para los demás nutrientes (nitratos, amonio, nitratos y silicatos). La mayor fuente de fosfatos y de materia orgánica son los ríos, de tal forma que los niveles

más altos se encontraron en la desembocadura de los mismos y decrecieron linealmente hasta acercarse a 0 en el límite salino de la bahía (Figura 4). Este comportamiento mostró una relación inversa con respecto a la salinidad.

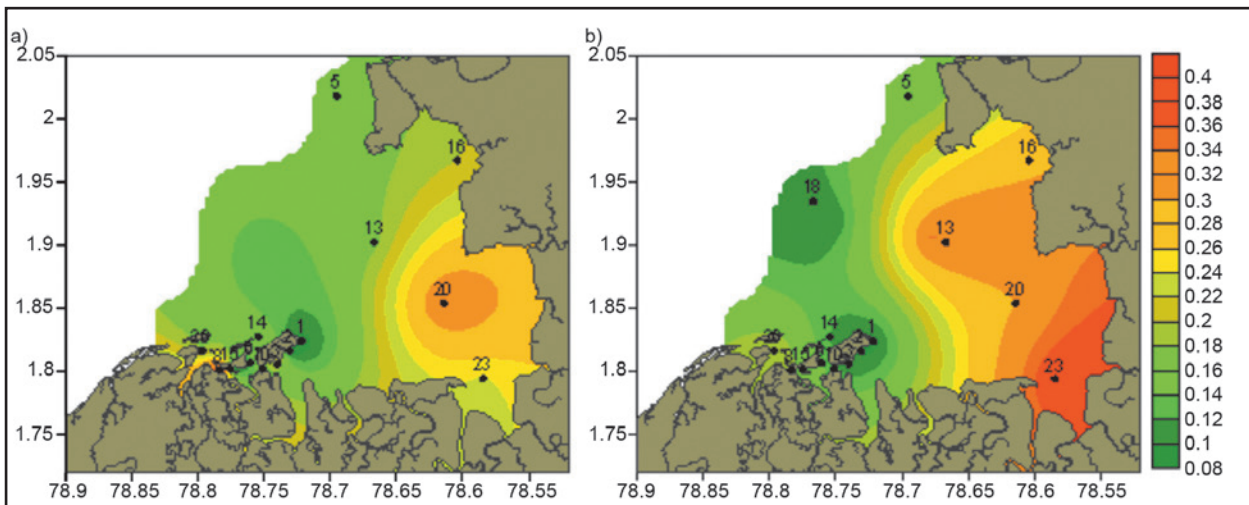


Figura 4. Comportamiento espacial de la concentración de fosfatos. a) Marea alta 1<sup>er</sup> monitoreo, b) Marea baja 1<sup>er</sup> monitoreo 2008.

En la Figura 4 se aprecia el comportamiento de las isóneas para los fosfatos en el período de marea alta, las corrientes que se originan al ingresar

a la bahía indujeron la presencia de un núcleo en la parte noreste, en proximidades a la Estación No. 20. En marea baja ocurrió una distribución que va desde

la desembocadura de los ríos Rosario y Mejicano y disminuye apreciablemente la concentración hasta llegar al sector de Isla Gallo, cercana a la Estación No. 16. El comportamiento de este parámetro y de los demás nutrientes es un complemento inverso de las morfólineas presentadas por la salinidad.

El comportamiento de los nitratos reflejó una distribución con tendencia sudeste-noroeste, bordeando la costa de la bahía (Figura 5a), en marea baja. Mientras que las aguas pobres en nitratos,

las de origen oceánico, entraron desde el oeste con dirección este, bordeando la costa y el centro de la bahía, con dirección hacia el sudeste (Figura 5b). Además, también se observó que, durante el período de marea alta se presentó el represamiento de las isolíneas hacia el sector interno de la bahía, alrededor de la Estación No. 23. Dicha distribución concuerda con la aproximación inicial de la dinámica de las aguas superficiales para la bahía (Figura 2).

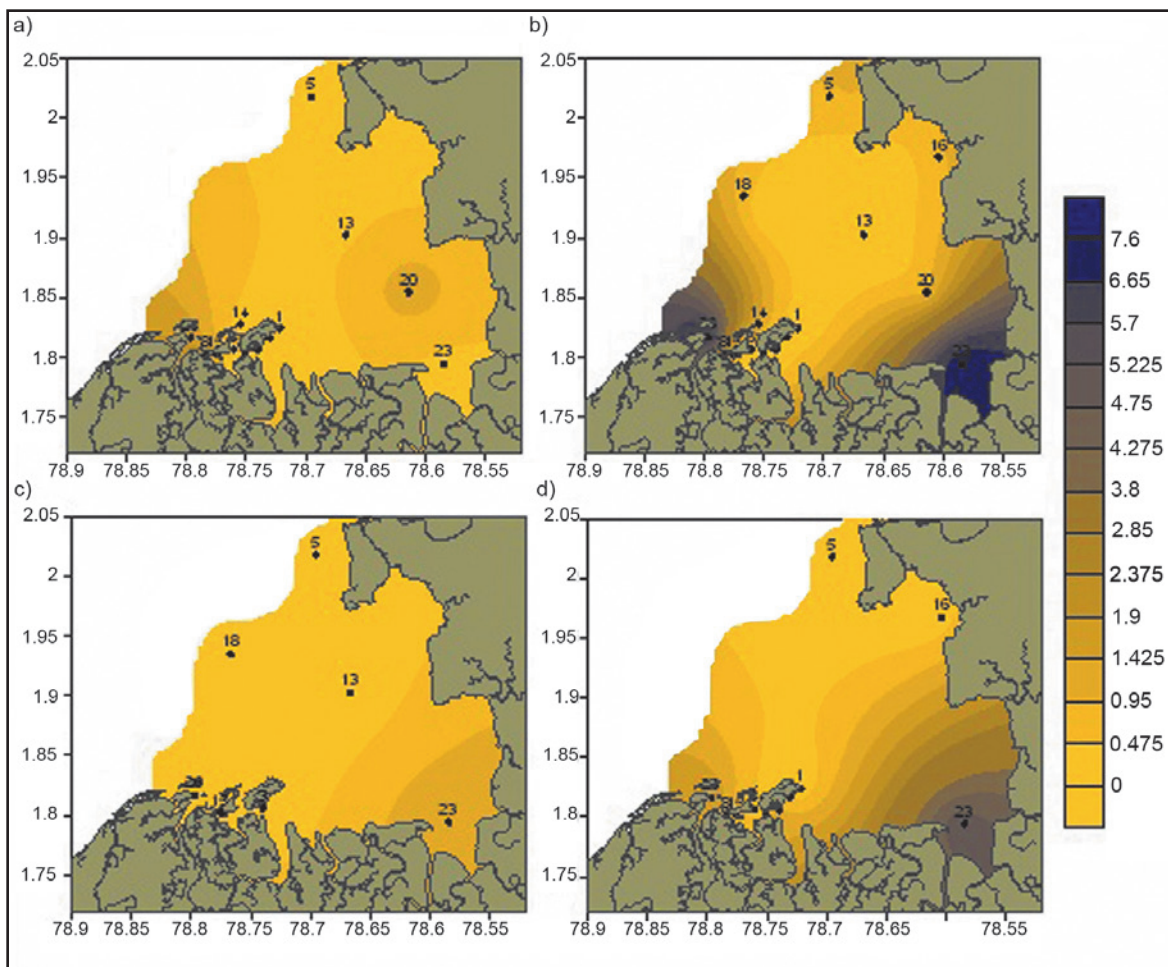


Figura 5. Comportamiento espacial de la concentración de nitratos durante: a) Marea alta 1<sup>er</sup> monitoreo, b) Marea baja, 1<sup>er</sup> monitoreo, c) Marea alta, 2<sup>do</sup>. monitoreo, d) Marea baja, 2<sup>do</sup>. monitoreo.

La variación en los gradientes de concentración de la materia orgánica durante la marea baja presentó un desplazamiento desde el sudeste (desembocaduras de los ríos Rosario y Mejicano) hacia el norte, bordeando toda la costa, y desde el este al oeste, en inmediaciones de la Estación No. 13 (Figura 6b)), donde el gradiente decreció notoriamente. Igualmente, se observaron algunos

núcleos de alta concentración, generados por la resuspensión de sustancias a causa del oleaje y las corrientes producidas por los vientos; este comportamiento confirmó lo observado en el estudio de corrientes realizado por Malikov durante el período de marea alta (Fig 2(a)), el desplazamiento del gradiente de concentración fue desde el sudeste (desembocaduras de los ríos Rosario y

Mejicano) hacia el oeste (alrededores de la isla El Morro) Estación No. 1. En la parte norte de la bahía, cerca de la Estación No. 5 (norte de Punta Cascajal) se evidenció un gradiente que disminuyó

notoriamente hacia el sur, provocando un núcleo que se forma alrededor de la Estación No. 13 que se desplaza hacia el norte (Estación No. 16), en inmediaciones de La Chorrera.

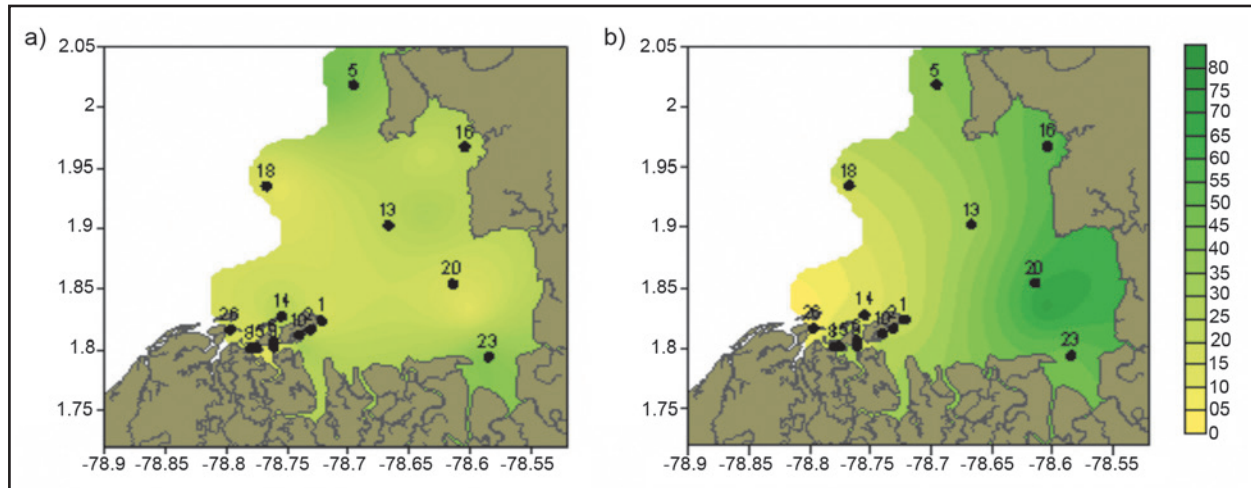


Figura 6. Comportamiento espacial de la concentración de materia orgánica total. a) Marea alta, 2° monitoreo, b) Marea baja, 2° monitoreo.

### CONCLUSIONES

- El comportamiento espacial de los nutrientes, al igual que la salinidad, mostró una estrecha relación con el de las corrientes en la Bahía de Tumaco, por lo cual reflejaron un patrón general de la dirección de las corrientes principales en la bahía.
- El patrón general de corrientes en la bahía estuvo gobernado por las mareas, el cual durante el período de marea subiente avanzó frontalmente hacia la desembocadura de los ríos y durante marea bajante se proyectó en sentido opuesto.
- El comportamiento de los nutrientes, influenciado por las corrientes y las aguas continentales, presentó un sentido inverso al de la salinidad; siendo esta última la que moldeó las morfolíneas a su ingreso a la bahía.

### LITERATURA CITADA

- Bendschneider, K. y Robinson, R. 1952. A new spectrophotometric method for the determination colorimetric of nitrite in sea water. *Journal Marine Res.* 11: 87-96
- Centro Control Contaminación del Pacífico. 2003. Mediciones de caudal líquido, sólidos suspendidos y salinidad en los ríos Rosario, Mexicano y Mira con la ayuda del correntómetro Anderaa y la botella

Niskin. Informe técnico. CCCP, San Andrés de Tumaco, 18 pp.

- Málikov, I. 2002. Resultados de la comparación de la aplicabilidad de los modelos desarrollados para la bahía de Tumaco. Informe Técnico. CCCP, San Andrés de Tumaco.
- Murphy, J. y Riley, J. 1952. A modified single solution method for the examination on phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta.*
- Rodríguez-Rubio, E., Schneider, W. y Abarca del Río, R. 2003. On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. *Geophys. Res. Lett.*, 30(7).
- Strickland, J., y Parsons, T. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada. Segunda Edición. Ottawa
- Tejada, C. 2002. Clima marítimo de la bahía de Tumaco, un caso de aplicación del sistema de modelado integral de zonas costeras para Colombia. Tesis de maestría, Universidad de Cantabria. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Cantabria, Santander (España), 44 pp.
- Tejada, C., Castro, L., Navarrete, A., Cardona, T., Otero, L., Afanador, F., Mogollón, A. y Pedroza, W. 2003. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. Centro Control Contaminación del Pacífico. (Ed.) Dimar. San Andrés de Tumaco: CCCP, Serie Publicaciones Especiales Vol. 3, 120 pp.