



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

**ARTÍCULO**

## Evaluación temporal de parámetros fisicoquímicos en una estación oceánica frente a la Bahía de Tumaco

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

**German Darío BASTIDAS PANTOJA**, germanbastidas\_iq@yahoo.es  
Área Técnica, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), Vía El Morro, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia.

### RESUMEN

El estudio evaluó el comportamiento temporal de algunos parámetros fisicoquímicos (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y clorofila) y nutrientes asociados a las condiciones oceanográficas del Pacífico; la evaluación se realizó con base a los resultados obtenidos de un monitoreo quincenal realizados durante el año 2008 y 2009 a una estación oceánica ubicada frente a la bahía de Tumaco. La variabilidad observada en los parámetros es atribuible, en parte, a factores relacionados con la migración de la Zona de Convergencia Intertropical – ZCIT, la dirección de los vientos y la Corriente de Colombia. En este aspecto, un cambio notorio en el comportamiento habitual de las isotermas y las isohalinas de la columna se presentó en el primer trimestre de cada año, registrando un delta de 7°C para la temperatura y, de 4 ups para la salinidad, atribuible al surgimiento de aguas frías subsuperficiales causadas por corrientes de profundidad (corrientes generadas debajo de los 100 metros de profundidad) y favorecidas por la dirección de los vientos, que para la época, van en dirección noreste debido al movimiento de la ZCIT; este surgimiento asoció un aumento en las concentraciones de los nutrientes inorgánicos, los cuales alcanzaron niveles de hasta 5  $\mu\text{g-at N-NO}_3^-/\text{L}$  para nitratos, 0.4  $\mu\text{g-at P-(PO}_4\text{)}^{-3}/\text{L}$  para fosfatos y 1  $\mu\text{g-at N-NH}_4^+/\text{L}$  para el amonio, valores superiores a los habitualmente presentados en el punto de estudio; los cambios en las condiciones fisicoquímicas del área se presentaron más intensamente durante el segundo año de monitoreo (2009), manifestándose además con un aumento en la concentración de la clorofila *a* y el oxígeno disuelto, observándose valores de hasta 2.1  $\text{mg}/\text{m}^3$  y 7.25  $\text{mg O}_2/\text{L}$  respectivamente.

**Palabras claves:** Estación oceánica, Bahía de Tumaco, parámetros fisicoquímicas.

### ABSTRACT

The paper evaluated the temporal behavior of some physicochemical parameters (salinity, temperature, dissolved oxygen and chlorophyll) and nutrients associated oceanographic conditions in the Pacific, the evaluation was performed based at the results of a biweekly monitoring performed during 2008 to 2009 an oceanic station located off the Bay of Tumaco. The observed variability in

these parameters is attributed to factors related to the influence of the migration of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), the wind direction and current Colombia. In this respect a marked change in the normal behavior of the isotherm and isohaline of the column appeared in the first quarter of each year, presenting a delta of 7°C for temperature and 4 ups for salinity, attributable in part to the emergence of cold water currents caused by subsurface depth currents (currents generated below 100 meters) and favored by the direction of the winds at the time going in a northeasterly direction due to movement of the ITCZ, this emergence associate a increased concentrations of inorganic nutrients, which reached levels of up to 5  $\mu\text{g-at N-NO}_3^-/\text{L}$  for nitrate, 0.4  $\mu\text{g-at P-(PO}_4\text{)}^{-3}/\text{L}$  to phosphate, and 1  $\mu\text{g-at N-NH}_4^+/\text{L}$  for ammonium, higher than those normally presented at the point of study, the changes in the physicochemical conditions of the area were more intensely during the second year of monitoring (2009), also manifest with an increase in the concentration of chlorophyll *a* and dissolved oxygen, with values up to 2.1  $\text{mg}/\text{m}^3$  and 7.25  $\text{mg O}_2/\text{L}$  respectively.

**Key words:** Ocean station, Tumaco Bay, phisicochemical parameters.

## INTRODUCCIÓN

La variabilidad de las condiciones oceanográficas del Pacífico colombiano está sujeta, por una parte, a las condiciones de viento (vientos planetarios), que son en mayor proporción, influenciadas por la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y el desarrollo del chorro de viento en el Istmo de Panamá [1], estas condiciones provocan la formación de un patrón de corrientes complejo (Corriente de Colombia, Corriente del Perú, Corriente Ecuatorial del Norte, Corriente del Golfo de Panamá, Corriente de California) con gran influencia sobre el ecosistema. La heterogeneidad de los fenómenos (atmosféricos y oceanográficos) condiciona la dinámica de este gran ecosistema y la cual va asociada a la distribución de parámetros fisicoquímicos y nutrientes, que juegan un rol trascendental en los procesos biogeoquímicos.

El análisis del comportamiento de parámetros fisicoquímicos, oceanográficos, meteorológicos, biológicos, entre otros, se pueden establecer como información de alerta temprana ante la aparición de un evento ENOS (El Niño/Oscilación del Sur), [2], [3] y [4]. En este aspecto el Área de Oceanografía Operacional -AROE- del CCCP, viene realizando un monitoreo sistemático de parámetros fisicoquímicos y oceanográficos en una estación ubicada frente a la Bahía de Tumaco.

Con el propósito de evaluar el comportamiento presentado por las variables fisicoquímicas y los nutrientes inorgánicos ante los fenómenos presentados en el área de estudio, se analizaron los resultados obtenidos durante los años 2008 y 2009.

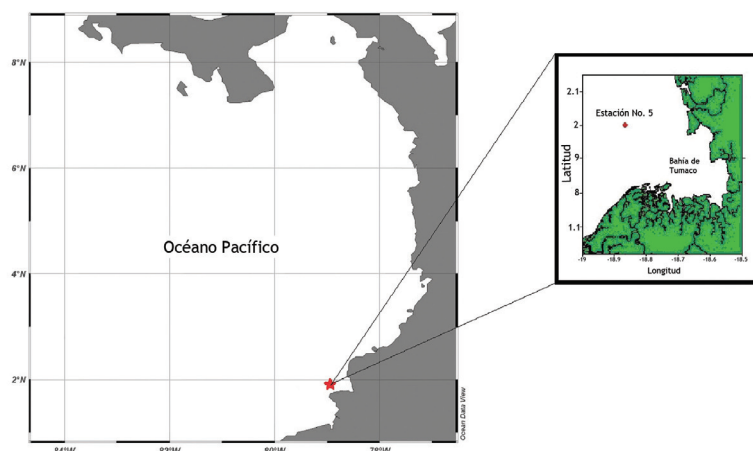
## ÁREA DE ESTUDIO

La zona de muestreo que se constituye en el foco del estudio, corresponde a una estación oceánica, ubicada a 10 millas de la costa, frente a la bahía de Tumaco en las coordenadas 78° 51" de longitud este y 2° 00" de latitud norte, denominada "Estación cinco", forma parte del Estudio Regional del Fenómeno del Niño -ERFEN- (figura 1) desarrollado por AROPE del CCCP, la evaluación realizada tomó en cuenta los resultados obtenidos en marco del estudio durante los años 2008 y 2009.

## METODOLOGÍA

El presente artículo se realizó con base en el análisis temporal de los resultados obtenidos de algunos parámetros fisicoquímicos, oceanográficos y de nutrientes inorgánicos obtenidos del monitoreo quincenal realizado a las aguas ubicadas en la Estación cinco. Los gráficos analizados fueron realizados con el programa *Ocean Data View*®.

Las muestras de agua para el análisis de parámetros fisicoquímicos y nutrientes se tomaron a 0, 10, 20 y 30 metros de profundidad. Para ello se empleó una botella Niskin de 5 litros de capacidad; se fijó el oxígeno disuelto *in situ* y las muestras destinadas para los demás análisis fueron preservadas y transportadas al Laboratorio de Química del CCCP, donde fueron analizadas. Por medio de un CTD 19 Seabird, *in situ*, se evaluó temperatura, conductividad y salinidad hasta una profundidad aproximada de 80 metros.



**Figura 1.** Mapa de Ubicación Estación No 5. Fuente: Estudio Regional del Fenómeno del Niño, AROPE – CCCP.

Los diferentes ensayos relacionados con nutrientes, oxígeno disuelto y clorofila *a* se realizaron aplicando los métodos validados por el Laboratorio de Química del CCCP, los cuales están basados en métodos estandarizados.

Para el amonio se siguió el método colorimétrico del azul de indofenol descrito por [5], para los nitritos el método colorimétrico descrito por [6], para los nitratos el método colorimétrico de reducción con cadmio-cobre descrito [5], para los fosfatos el método del ácido ascórbico de [7], para los silicatos el método del metol-sulfito descrito por [5].

La determinación de la clorofila *a* y el oxígeno disuelto se realizó por el método tricromático y el método volumétrico descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [8].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### TEMPERATURA

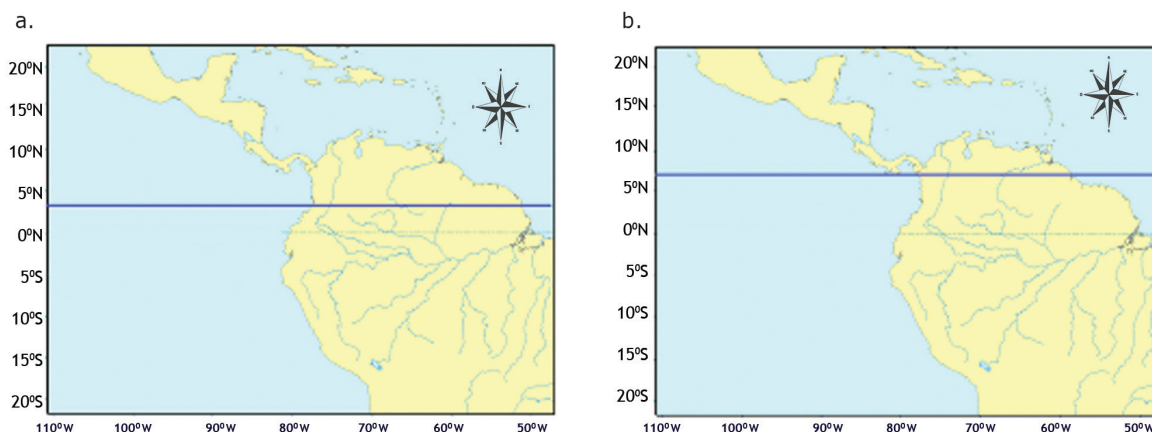
La distribución vertical del comportamiento de la temperatura en el perfil de profundidad analizado muestra una evidente influencia del movimiento de la ZCIT y de la Corriente de Colombia, tomando en cuenta que esta última es una corriente fría que se caracteriza por el arrastre de aguas de baja salinidad hacia el norte a lo largo de la costa, permitiendo la entrada de aguas oceánicas de temperaturas más bajas que pro-

vienen del frente ecuatorial de transición, fenómeno que se manifiesta especialmente durante los meses de diciembre a abril y de mayo a junio [9]. La influencia de estos fenómenos se marcó de manera notoria en los primeros trimestres del 2008 y 2009, siendo un poco más evidente en este último.

La isoterma observada durante los primeros trimestres de cada año confirman un fenómeno de surgimiento de aguas subsuperficiales de menor temperatura, causadas probablemente por las corrientes de profundidad (corrientes generadas debajo de los 100 metros de profundidad) y favorecidas por la dirección de los vientos que para la época se fortalecen en dirección noreste debido al movimiento en dirección norte de la ZCIT [10] (figura 2), el fenómeno se manifestó en forma de cuña (figura 3).

Durante el primer trimestre de 2008 se observó un movimiento de la isoterma habitual (temperatura 25°C) hacia la superficie, llegando hasta los 10 metros de profundidad, esto se vio marcado por una reducción en la temperatura del agua a profundidades inferiores a los 40 metros (figura 3), el fenómeno fue más notorio a los 30 metros con un delta de 7°C; para los siguientes meses la isoterma descendió a su posición habitual, presentado una temperatura promedio de 25°C.

En el segundo período observado, se observó para la misma época (primer trimestre) el fenómeno de surgimiento de aguas de menor temperatura, esta vez con una mayor intensidad,



**Figura 2.** Movimiento de la ZCIT. a) Posición febrero, b) Posición abril. Fuente: [10].

provocando que el movimiento de la isoterma habitual (25°C) se ubicara a 5 metros de la superficie con un delta de temperatura de 10°C a los 40 metros; esta situación permite observar una periodicidad anual del fenómeno de surgimiento que modifica el comportamiento de este parámetro.

### SALINIDAD

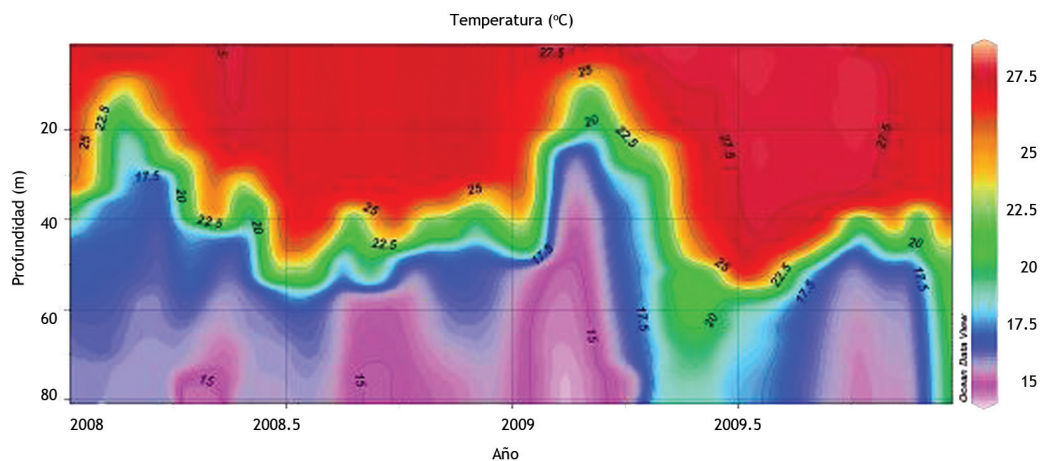
El comportamiento de la salinidad en los períodos evaluados muestran un aumento en la concentración del parámetro producido por una surgencia de aguas con mayor salinidad, las isohalinas se desplazaron de su posición habitual en los primeros trimestres de cada año, ubicándose

a los 10 metros de profundidad para 2008 y a los 5 metros para el 2009, observándose un valor promedio de 35, el aumento observado fue de 3 con respecto al valor habitualmente presentado.

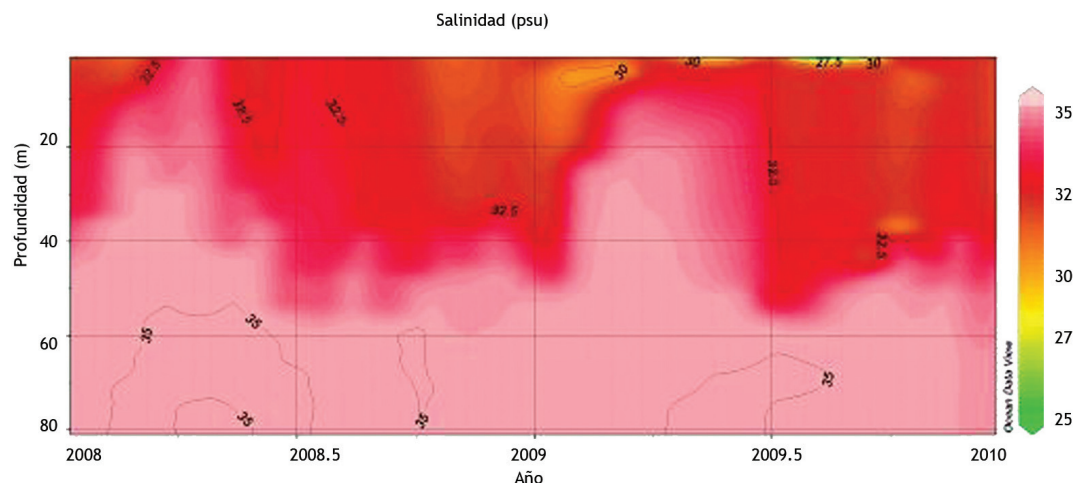
La segunda mitad de cada año se caracterizó por presentar un comportamiento homogéneo hasta los 40 metros de profundidad, con un valor promedio de 32; a profundidades superiores a los 35 (figura 4).

### OXÍGENO DISUELTO

Los cambios temporales del oxígeno disuelto no fueron notorios en los primeros meses del 2008 (figura 5), se observó una homogeneidad



**Figura 3.** Comportamiento de la temperatura – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.



**Figura 4.** Comportamiento de la salinidad – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.

en toda la columna, presentándose durante el primer trimestre valores cercanos a  $6.75 \text{ mg O}_2/\text{L}$  a lo largo de todo el perfil (0 a 30 metros), entre el segundo y tercer trimestre la concentración del parámetro disminuyó presentando valores cercanos a  $6.5 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ; para finales del mismo año se registró un aumento en la concentración alcanzando los valores habitualmente presentados ( $6.75 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ).

Para el primer trimestre de 2009 se observó un aumento en la concentración del parámetro alcanzando un valor promedio de  $7.25 \text{ mg O}_2/\text{L}$  de los 0 hasta 15 metros de profundidad. En la segunda mitad del mismo año se presentó un comportamiento homogéneo en toda la columna, registrando niveles promedio de  $6.5$  a  $6.75 \text{ mg O}_2/\text{L}$ , notándose que el primer nivel está un poco por debajo de los valores registrados anteriormente.

#### CLOROFILA - A

El aumento de la presencia de clorofila *a* refleja un aumento en la producción primaria, situación que se puede inferir entre los meses de marzo a agosto de 2009 a profundidades comprendidas entre los 5 y los 20 metros, fenómeno que fue favorecido por la presencia de concentraciones considerables de nutrientes (figura 7.8 y 9) y un aumento en la concentración del oxígeno disuelto (figura 5), los niveles en la concentración de clorofila *a* oscilaron entre  $0.9$  y  $2.1 \text{ mg}/\text{m}^3$  (figura 6).

El primer trimestre de 2008 presentó igualmente un aumento en los valores habituales del parámetro, los valores observados estuvieron cercanos a  $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ; para los meses siguientes el comportamiento del parámetro fue homogéneo en todo el perfil, observándose valores promedio de  $0.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

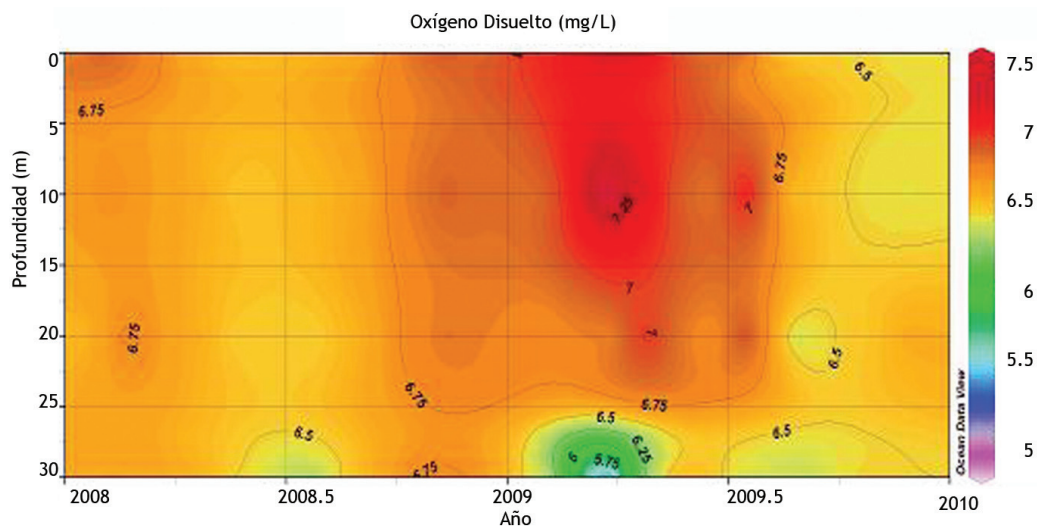
#### NUTRIENTES

El aumento en la concentración de nutrientes a niveles superficiales en el océano se debe principalmente a fenómenos de surgencia. La principal fuente de nutrientes en los océanos proviene de las aguas profundas [11].

#### AMONIO

Un aumento en la concentración habitual del amonio se hizo notorio a partir del segundo trimestre del 2008, presentando valores cercanos a  $1.5 \text{ } \mu\text{g.at. N} - \text{NH}_4^+/\text{L}$  desde los 5 a los 15 metros de profundidad (figura 7); para el segundo semestre del mismo año se observó una homogeneidad en la concentración del parámetro a lo largo de todo el perfil estudiado, presentando una concentración promedio  $1.25 \text{ } \mu\text{g.at. N} - \text{NH}_4^+/\text{L}$ .

Para el 2009 se presentó nuevamente un aumento en la concentración durante el mismo período, esta vez alcanzó valores aproximados a  $2.0 \text{ } \mu\text{g.at. N} - \text{NH}_4^+/\text{L}$ ; durante el segundo semestre del mismo año, se observó un descenso en la concentración del parámetro, alcanzando valores cercanos a  $0.5 \text{ } \mu\text{g.at. N} - \text{NH}_4^+/\text{L}$  (figura 7).



**Figura 5.** Comportamiento del oxígeno disuelto – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.

### FOSFATOS

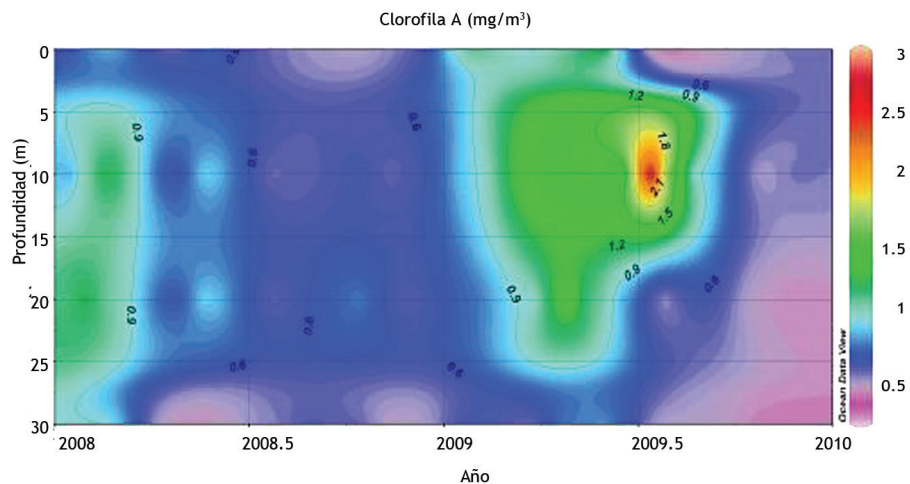
Los niveles de fosfatos a lo largo del perfil presentaron un comportamiento homogéneo durante el primer semestre del 2008, la concentración osciló entre 0.2 y 0.3  $\mu\text{g.at. P}-(\text{PO}_4)^{-3}/\text{L}$ , para el segundo semestre esta se redujo a valores próximos a 0.15  $\mu\text{g.at. P}-(\text{PO}_4)^{-3}/\text{L}$ , siendo igualmente un comportamiento homogéneo en todo el perfil.

Para 2009, el primer semestre presentó un aumento en la concentración observada entre de los 15 y los 30 metros de profundidad, con valores que oscilaron entre 0.25 y 0.4  $\mu\text{g.at. P}-(\text{PO}_4)^{-3}/\text{L}$ ; el segundo semestre de este mismo

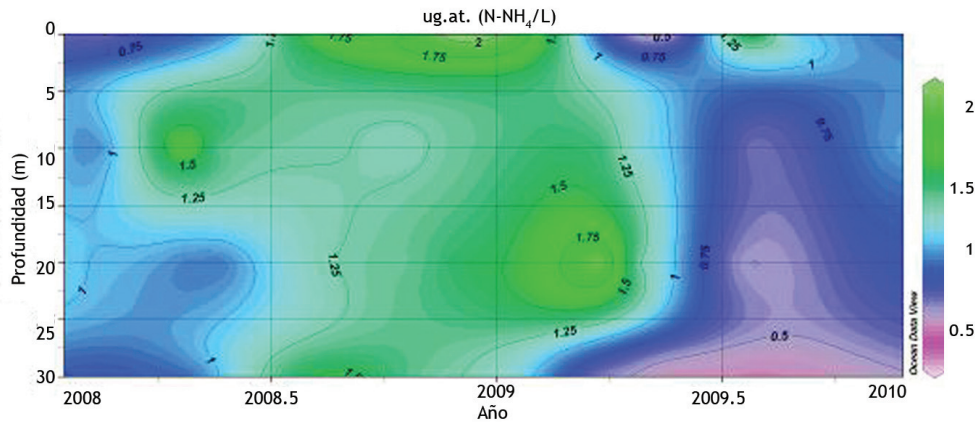
año mostró un descenso notorio en todo el perfil, presentándose valores cercanos a 0.1  $\mu\text{g.at. P}-(\text{PO}_4)^{-3}/\text{L}$  (figura 8).

### NITRATOS Y NITRITOS

Las concentraciones más altas en los nitratos se observaron durante el primer semestre del 2009. Los valores oscilaron entre 0.5  $\mu\text{g.at. N-NO}_3^-/\text{L}$  para los 10 metros y 5  $\mu\text{g.at. N-NO}_3^-/\text{L}$  para los 30 metros de profundidad (figura 9). Este mismo comportamiento se observó con los nitritos (figura 10), presentado una concentración máxima de 0.4  $\mu\text{g.at. N}-(\text{NO}_2)^{-2}/\text{L}$  a los 30 metros de profundidad. El segundo semestre del



**Figura 6.** Comportamiento de la clorofila a – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.



**Figura 7.** Comportamiento del Ión Fosfato – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.

mismo año se caracterizó por unas disminuciones notorias en la concentración de estos nutrientes (nitratos y nitritos) a lo largo de todo el perfil, presentando concentraciones promedio que estuvieron entre los 0.5  $\mu\text{g.at. N-NO}_3^-/\text{L}$  para los nitratos y 0.05  $\mu\text{g.at. N-(NO}_2^-)^2/\text{L}$  para los nitritos.

En 2008 la cantidad de nitratos fue muy baja en todo el perfil estudiado, con valores cercanos a cero, los nitritos presentaron valores igualmente bajos (figura 9) con niveles que oscilaron entre los 0.05 y 0.1  $\mu\text{g.at. N-(NO}_2^-)^2/\text{L}$ .

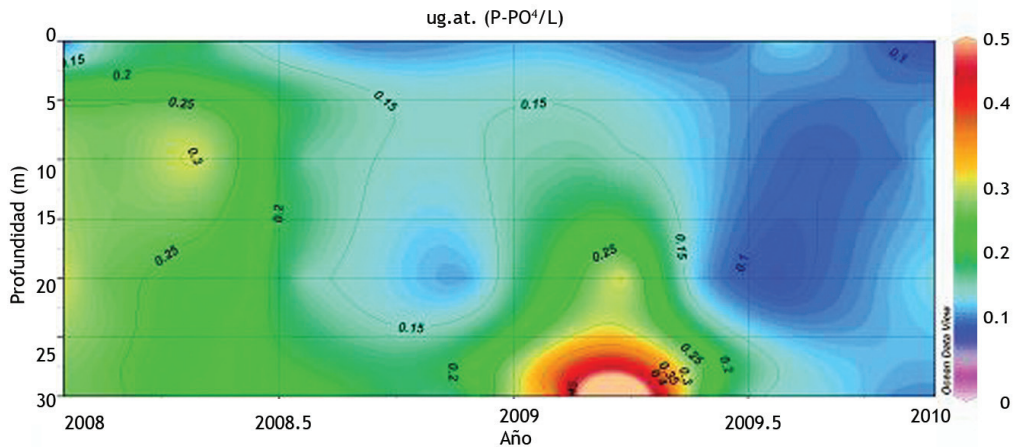
**SILICATOS**

Los silicatos presentaron un comportamiento homogéneo en todo el perfil, con valores bajos

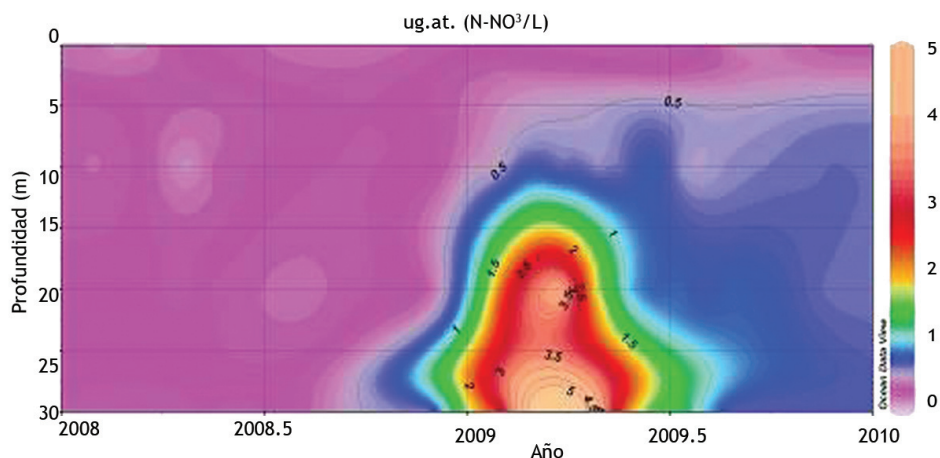
durante el primer semestre de 2008, los niveles de concentración oscilaron entre 2.0 y 2.5  $\mu\text{g.at. Si-(SiO}_3^-)^2/\text{L}$ . Este comportamiento se repitió durante los meses de abril a septiembre del año siguiente. En el segundo semestre de 2008 y el primer semestre de 2009, se observó un rango de concentración más alto e igualmente homogéneo en todo el perfil, presentando valores de concentración superiores a 5  $\mu\text{g.at. Si-(SiO}_3^-)^2/\text{L}$ .

**CONCLUSIONES**

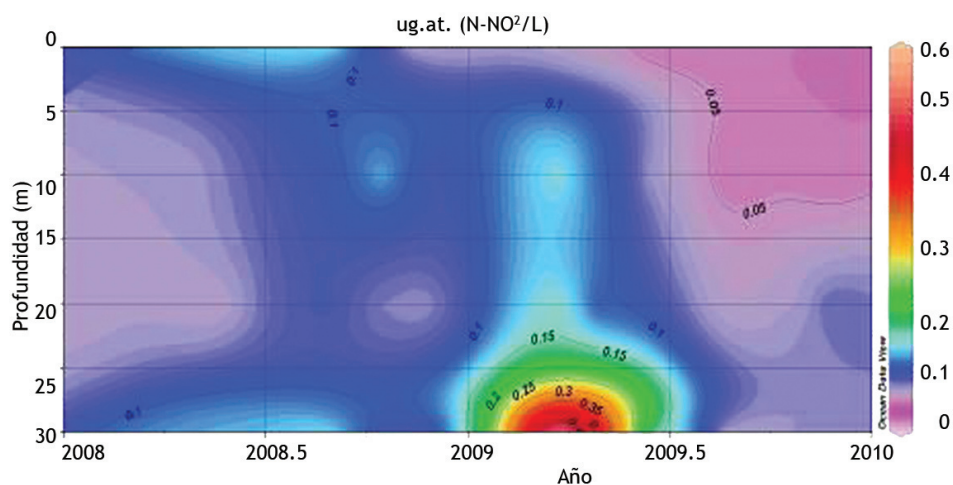
El comportamiento observado en los parámetros fisicoquímicos durante los períodos analizados, presentan una modificación en su comportamiento habitual que se manifiesta notoriamente durante los primeros trimestres de cada año,



**Figura 8.** Comportamiento del Ión Fosfato – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.



**Figura 9.** Comportamiento del Ión Nitrato – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.



**Figura 10.** Comportamiento del Ión Nitrito – Estación 5, enero de 2008 – diciembre de 2009.

mostrando una posible existencia de periodicidad temporal del fenómeno debido a las corrientes presentes en la zona y a la migración de la Zona de Convergencia Intertropical de la época.

Los fenómenos de surgencia que se presentan en la zona son temporales, tienen una ocurrencia en los primeros trimestres de cada año y provocan una renovación de las aguas y un aumento en la concentración de todos los nutrientes, evidenciado en valores superiores a los habitualmente presentados.

El aumento en la concentración de los nutrientes aunado al aumento en la concentración del oxígeno disuelto en el perfil estudiado (0 a

30 metros de profundidad), se traduce en un aumento en la concentración de clorofila *a* que es un indicativo de la producción primaria en el área de estudio; un mayor entendimiento de este fenómeno puede contribuir al desarrollo de estrategias para la preservación y fomento de dicha producción.

La transición de la Zona de Convergencia Intertropical lleva a que las aguas tengan variaciones en sus parámetros termohalinos y por tanto cambios en la localización de los fenómenos de surgimiento de las masas de agua.

El monitoreo de las condiciones oceanográficas de la zona, que por la heterogeneidad de los



fenómenos que en ella se presentan, permite un acercamiento al entendimiento de las interacciones fisicoquímicas y biológicas en el ecosistema, e igualmente brindan información de referencia para entender su comportamiento y dar alerta ante la aparición de un evento ENOS (El Niño/Oscilación del Sur).

### REFERENCIAS BIOGRÁFICAS

- [1] Rodríguez Rubio Efraín, Giraldo López Alan. Surgencia oceánica en el Pacífico colombiano durante febrero – marzo de 1997: Aproximación Oceanográfica utilizando Sensores Remotos. Universidad de Concepción 2001.
- [2] Devis Morales Andrea. Análisis de las condiciones oceanográficas y meteorológicas de la bahía de Tumaco y su relación con eventos de escala global. Boletín Científico CCCP 2003; Número 9: 1-21.
- [3] Devis Morales Andrea. Evolución del evento el niño 2002-2003 y efectos sobre la cuenca del Pacífico colombiano y la bahía de Tumaco. Boletín Científico CCCP 2003; Número 10: 12-32.
- [4] García H. Ingrid, Málikov Igor. Comportamiento de diatomeas y dinoflagelados en la bahía de Tumaco bajo la influencia de cambios climáticos durante el período 1995-2000. Boletín Científico CCCP 2003; Número 9: 22-23.
- [5] Strickland, J.D, Parsons T.R. A practical handbook of seawater analysis. Second Edition. Ottawa (Canada): Fisheries Research Board of Canada; 1972.
- [6] Bendschneider, K., Robinson, R.J. A new Spectrophotometric Method for the determination of nitrite in sea water. Volumen 11. Journal Marine Research; 1952.
- [7] Murphy, J. y Riley J. P. A modified single solution method for the examination of phosphate in natural water. Acta 27. Liverpool (England): Anal. Chim; 1962.
- [8] Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th Edition. APHA, AWWA, WPCF; 2005.
- [9] Stevenson Merritt, Guillen G. Oscar, Santoro de Ycaza José. Marine atlas of the pacific coastal waters of South America. Berkeley (EEUU): University of California Press; 1970.
- [10] Tejada Vélez Carlos, Guayana Labrador Erick et al. Compilación oceanográfica de la cuenca Pacífica colombiana. Tumaco (Colombia): Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP, Dirección General Marítima; 2002.
- [11] Olsen, Y., Helge, R., Olav V., Tom, A., Ingrid, G., Carlos, D., Susana, A., Herwig, S., Ulrich, S., Risto, L. Timo, T. et al. Comparative analysis of food webs based on flow networks: effects of nutrient supply on structure and function of coastal plankton communities. Vol 21. Continental Shelf Research; 2001.