

ANÁLISIS DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS REGISTRADAS EN LAS AGUAS ESTUARINAS DE LA ENSENADA DE TUMACO

Robinson Casanova Rosero¹ - Julián Mauricio Betancourt P.²

RESUMEN

En este estudio se analizan los niveles de algunos parámetros fisicoquímicos, obtenidos a través de muestreos mensuales en diez estaciones ubicadas en la Ensenada de Tumaco, durante el período comprendido entre febrero de 1997 y septiembre de 1999. El conocimiento de estos parámetros constituye una herramienta básica en el momento de evaluar la calidad de las aguas, ya que éstos controlan la vida en el medio acuático. El análisis está centrado en los rangos medios de variación, puesto que de esta forma se considera una información con mayor solidez y representatividad para el área. Los niveles obtenidos se encuentran dentro de los rangos normales reportados en la literatura. Los promedios de los diferentes parámetros a través del estudio permiten definir que se presentan fluctuaciones permanentes, para oxígeno y nutrientes, principalmente; como consecuencia de estar involucrados en los procesos de producción, tales como: consumo, dilución y transporte. Finalmente, la Ensenada de Tumaco es un medio complejo y de características especiales, puesto que presenta un proceso de mezcla de dos clases de aguas (dulce y salada), cada una con propiedades bien definidas.

ABSTRACT

In this study the levels of some physicochemical parameters are analyzed, obtained through monthly samplings in ten stations located in the Tumaco Bay, from February in 1997 and September in 1999. These parameters rule aquatic life means so their knowledge constitutes a basic tool to evaluate the water quality. The analysis is centered in the variation means ranges, because it is considered as a solid information highly representative of the area. The obtained levels are inside the normal ranges reported in the literature. The averages of the different parameters through the study lead to the conclusion of the existence of permanent fluctuations for oxygen and nutrients, mainly; as a consequence of production processes, such as: consumption, dilution and transport. Finally it is important to notice the Tumaco Bay is a complex place with special characteristics due to the presence of a mixture process of two type of waters (fresh and salted), each with very defined properties.

1 Químico. E-mail cccpaci@col2.telecom.com.co

2 Ingeniero Químico. cccpaci@col2.telecom.com.co

INTRODUCCIÓN

Para la mayoría de los usos, la cantidad disponible de información relacionada con las propiedades químicas y físicas del agua es muy importante. Las aguas marinas siempre contienen cantidades apreciables de sólidos disueltos, pequeñas cantidades de gases disueltos y otros constituyentes menores. Su composición es una función de múltiples factores: presión, temperatura, tipo de materia mineral en contacto, pH, etc. La calidad del agua es de gran significancia en la determinación de la calidad de la vida presente. Esta es determinada por los solutos y gases disueltos en el agua, como también del material suspendido y flotante en ella. La calidad del agua es una consecuencia de la naturaleza física y química del estado (sólido, líquido y gas) del agua, como también de cualquier alteración que pueda haber ocurrido como consecuencia de la actividad humana.

El uso del agua para propósitos particulares está determinado por la calidad del agua. Si las actividades humanas alteran sus características naturales, se dice que no es apta para el fin que está destinada, implicando una contaminación de ella. La "contaminación" del agua superficial puede definirse de muchas formas; sin embargo, la mayoría de las definiciones contemplan las máximas concentraciones de sustancias concretas durante períodos de tiempo suficiente para provocar efectos identificables. La calidad del agua puede definirse con base en su caracterización física, química y biológica.

La calidad del agua puede ser adversamente impactada por la actividad humana. Por ejemplo al verter materia orgánica sobre el cuerpo de agua, tal como desechos humanos o animales; los niveles de oxígeno disuelto

disminuyen inmediatamente como consecuencia de un crecimiento de organismos que utilizan la materia orgánica como fuente de energía, consumiendo oxígeno durante el proceso.

Naturalmente el agua marina está constituida por diversos constituyentes inorgánicos. Los principales cationes son: calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}); los aniones principales son: el ión cloruro (Cl^{-}), sulfato (SO_4^{-2}), carbonato (CO_3^{-2}) y bicarbonato (HCO_3^{-}). Algunos iones de los constituyentes secundarios son los reconocidos con el nombre de nutrientes, porque pertenecen a algunas sales que son utilizadas por los vegetales marinos (algas) para formar sus tejidos, por lo que tienen una significación biológica especial. Estos se presentan en el agua de mar en concentraciones variables, según la actividad biológica, y entre ellos tenemos el fosfato (PO_4^{-3}), nitrato (NO_3^{-}), nitrito (NO_2^{-}), silicato [$\text{Si}(\text{OH})_4$] y amonio (NH_4^{+}), (Margalef, 1982).

El agua de mar también contiene pequeñas cantidades de gases atmosféricos disueltos; los cuales están continuamente intercambiándose a través de la superficie del mar. La cantidad de gas disuelto depende de la temperatura, la concentración de sales y la presión. Estos gases son principalmente oxígeno (O_2), anhídrido carbónico (CO_2), nitrógeno (N_2) el cual es ligeramente inerte, argón (Ar), helio (He) y neón (Ne). En proporciones menores se encuentran sulfuro de hidrógeno (H_2S) y metano (CH_4). El sulfuro de hidrógeno es tóxico e imparte un mal olor, pero no está presente en agua que contiene oxígeno disuelto.

La Ensenada de Tumaco presenta una interacción permanente con el mar abierto, posee características especiales como consecuencia de un proceso de mezcla de agua dulce proveniente de varios ríos que desembocan sobre el área con agua marina, alterando la salinidad y composición

alimenticia en grado tal que estas áreas, llamadas estuarios, no son de agua dulce ni de agua salada. Los estuarios son áreas realmente muy productivas por la combinación de una serie de factores tales como: a) acceso fácil al mar profundo b) una alta concentración y retención de nutrientes que provienen de la tierra y/o del mar c) una cubierta protectora d) plantas enraizadas o fijas soportadas en el agua somera. Los estuarios proporcionan criaderos para muchos peces de aguas profundas, que no podrían producir crías viables en el ambiente de alta mar.

En los estuarios se encuentran concentraciones moderadas de nutrientes (fósforo, nitrógeno y sílice), los cuales son transportados por las corrientes de agua dulce o aportados por la remoción de ellas desde el fondo. Debido a la alta cantidad de partículas en suspensión los nutrientes disueltos tienden a absorberse a partículas de arcilla. Se puede definir un estuario como una extensión de aguas poco profundas parcialmente encerradas y con libre conexión al mar abierto que suelen contar con suministro de agua dulce proveniente del drenaje terrestre (Turk, 1978).

En la boca de los ríos, el gradiente de salinidad entre el agua dulce y el agua de mar fluctúa continuamente según el estado de la marea, y varía con el contenido de agua dulce en el flujo líquido hacia abajo. Dentro de los estuarios se producen fluctuaciones de salinidad más amplia y rápidamente, tan sólo las formas extremadamente eurisalinas pueden sobrevivir.

ÁREA DE ESTUDIO

Corresponde a la Ensenada de Tumaco, sobre la cual se fijaron diez estaciones distribuidas equidistantemente cada cuatro millas; seis de éstas reciben mayor influencia de masas de agua de origen oceánico y las cuatro restantes (12, 16, 17 y 20) ubicadas hacia la parte más interna de

la ensenada son alteradas con aguas de origen continental (Figura. 1). En todas las estaciones se presenta una refracción del oleaje por causa de la baja profundidad.



Figura No. 1 Ubicación estaciones de muestreo Ensenada de Tumaco

En aguas profundas, dado a que no hay influencia del fondo, el movimiento de las crestas es recto y paralelo, mientras que en aguas intermedias y reducidas, la reducción en la velocidad produce que la cresta se doble en la dirección en la que se disminuye entre la propia cresta y la batimetría correspondiente (Valdez, 1994). Esto hace que en la ensenada de Tumaco se presenten diferentes procesos tales como: remoción, mezcla, dilución, suspensión, liberación, etc, de materiales desde el fondo hacia la columna de agua; además del aporte de los ríos. Por consiguiente, sus aguas son turbias con una baja transparencia.

METODOLOGÍA

Los análisis de parámetros fisicoquímicos, se realizaron por métodos estandarizados (recopilados por STANDARD METHODS) utilizándose técnicas espectrofotométricas en análisis de nutrientes, potenciométricas en el análisis de pH, conductimétricas en el análisis de salinidad y volumétricas en el análisis de oxígeno disuelto (O.D) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

El amonio se determinó por el método propuesto por Riley (1953) y modificado por Strickland y Parsons (1968 - 1972) y se conoce muy ampliamente como el método del azul de indofenol.

La determinación de Fosfatos se llevó a cabo por el método del ácido ascórbico, desarrollado por Murphy y Riley (1952) y recomendado por Strickland y Parsons (1972) y FAO (1975).

Los Nitritos se determinaron a través del método desarrollado por Shinn (1941) y modificado por Bendschneider y Robinson (1952) y los Nitratos por el método descrito por Strickland y Parsons (1972).

Para la determinación analítica de estas sustancias, se hicieron las respectivas curvas de calibración de Absorbancia vs Concentración, lográndose coeficientes de regresión lineal entre 0.996 y 0.999; con estándares de alta pureza, en un rango de concentraciones esperado para los niveles de las diferentes muestras analizadas.

El oxígeno disuelto fue medido por el método volumétrico de Winkler (1888) revisado por Carpenter (1966), siendo el más utilizado por parte de la comunidad de laboratorios debido a su sensibilidad y precisión.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En la tabla No.1 se presentan los rangos de los valores promedios mensuales de los diferentes parámetros fisicoquímicos correspondientes a un total de diez (10) estaciones de muestreo, obtenidos en muestras superficiales para la ensenada de Tumaco, desde febrero de 1997 hasta septiembre de 1999; estableciéndose una información con mayor solidez y representatividad, puesto que involucra toda la información obtenida hasta el momento.

Comportamiento del O₂

El oxígeno procedente de la atmósfera se disuelve directamente en las aguas superficiales, o se genera mediante la fotosíntesis en las capas superiores iluminadas. Con el aumento de la profundidad, el O₂ disminuye, en parte, al ser consumido por la respiración de microorganismos y de otro lado, por la descomposición microbiana de los detritos orgánicos y por el fenómeno de absorción, principalmente. Su índice de saturación en el agua de mar con una salinidad de 27.1 psu y a una temperatura de 25°C y presión de 1 atmósfera, es de 7.58 g/l (5.30 ml/l).

La vida y el crecimiento de microorganismos y el desarrollo de sus actividades metabólicas específicas dependen de la disponibilidad de oxígeno molecular. Algunos procesos tienen lugar solamente bajo condiciones aerobias, otros en cambio, son estrictamente anaerobios.

Los pasos iniciales en la biodegradación de hidrocarburos, al menos en la realizada por la mayoría de las bacterias y hongos, implican, por ejemplo, la oxidación del sustrato mediante oxigenación, para lo cual se necesita oxígeno molecular (Atlas, 1984). La degradación microbiana de los hidrocarburos petrolíferos en algunas aguas subterráneas y suelos está severamente limitada por la disponibilidad de oxígeno. La oxidación de un litro (01 l) de hidrocarburos acabará con el oxígeno disuelto en 385.000 - 400.000 l de agua saturada (8 mg/l), (Levin, 1997). Aunque la presencia de oxígeno, normalmente, no es una limitante en los niveles superiores de la columna de agua en ambientes marinos y costeros y de agua dulce (Cooney, 1984), la disponibilidad de oxígeno en suelos y sedimentos, a menudo, si es una limitante, y depende del tipo de suelo, y de si éste se encuentra saturado o no de oxígeno (Lee y Levy, 1991). Las grandes concentraciones de residuos orgánicos en proceso de descomposición crean una demanda de oxígeno muy alta.

Los valores promedios mensuales para la ensenada estuvieron comprendidos entre 2.9 ml/l y 5.9 ml/l. (Tabla No. 1), presentándose de esta forma estados de sobresaturación, causados por el viento y/o turbulencia de las olas. Los bajos valores obtenidos para junio y agosto de 1998, que estuvieron muy próximos al límite exigido por el Decreto 1594/84, es muy probable que obedezcan a las

circunstancias temporales durante las mediciones, puesto que se realizaron en gran parte durante marea baja acompañado de un ligero aumento de la temperatura del agua (Figura 2). Continuando con su observación, a partir de mayo hasta septiembre de 1999 se manifiesta un comportamiento estable y con niveles deseables.

Tabla No. 1. Rango de los promedios mensuales para los diferentes parámetros

	Tº. H ₂ O (°C)	Tº. Amb. (°C)	O.D (ml/l)	DBO ₅ (ml/l)	pH (Unid. pH)	Salinidad psu	Amonio (ug.at. N/l)	Nitritos (ug.at. N/l)	Nitratos (ug.at. N/l)	Fosfatos (ug.at. P/l)
Mínimo	27.21	25.18	2.90	0.48	7.85	18.39	0.03	0.12	0.02	0.08
Máximo	30.22	29.54	5.89	1.48	8.41	30.77	2.79	2.24	0.66	1.13

Así mismo, en la tabla No. 2 se presentan los promedios estacionales y globales (promedio de todos los valores obtenidos durante el estudio) en la ensenada de Tumaco.

Tabla No. 2. Promedios Estacionales y Globales de parámetros fisicoquímicos

No. Estación	O.D (ml/l)	DBO ₅ (ml/l)	Amonio (ug.at. N/l)	Nitritos (ug.at. N/l)	Nitratos (ug.at. N/l)	Fosfatos (ug.at. P/l)	Salinidad (°/oo)	pH (Unid. pH)	Transpar. c.(cm)
10	3.92	0.74	0.40	0.11	0.14	0.16	30.9	8.19	212
11	3.98	0.68	0.80	0.24	0.25	0.31	29.6	8.18	116
12	3.60	0.95	1.48	0.67	1.15	0.79	25.8	8.03	43
13	3.97	0.67	0.77	0.21	0.37	0.36	28.2	8.03	124
14	4.05	0.64	0.86	0.24	0.30	0.40	26.7	8.15	112
15	4.35	0.64	0.66	0.17	0.43	0.29	26.3	8.21	116
16	3.78	1.04	0.90	0.33	0.42	0.58	21.0	8.03	52
17	3.65	0.84	1.11	0.57	1.00	0.66	27.6	7.97	54
20	3.56	1.67	2.30	0.81	2.28	1.07	20.0	7.84	24
26	4.24	0.83	0.57	0.08	0.39	0.16	29.3	8.18	155
Promedio Global	3.91	0.87	1.00	0.35	0.67	0.48	26.4	8.07	100

En general, los niveles determinados para este parámetro indican que la calidad del agua para el ecosistema estuarino de la ensenada de Tumaco está dentro de los criterios establecidos para la conservación de la flora y fauna en aguas marinas y estuarinas contemplado en el decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud de Colombia. Por

consiguiente no existe una demanda marcada de oxígeno por alteración alguna del medio marino. Claro está, en la bahía interna de Tumaco, pueden presentarse niveles por debajo de la norma establecida, pero en puntos de muy poco alcance tanto en espacio como en tiempo, puesto que su oxigenación es favorecida por los recambios mareales.

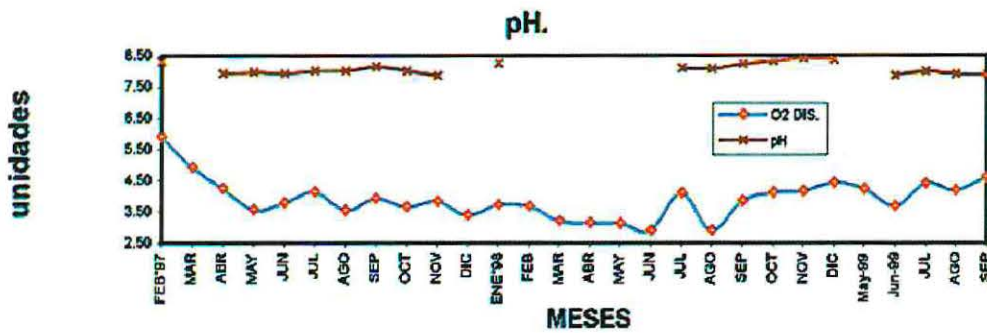


Figura No. 2 Comportamiento de los valores medios mensuales para O. D. y P.H.

Finalmente, las variaciones están ligadas a las de otros factores, tales como: temperatura, presión, salinidad, materiales en suspensión (consecuencia de la baja transparencia observada), etc. Pero definitivamente, en las condiciones actuales, este parámetro no puede ser una limitante directa para los diferentes procesos químicos y bioquímicos que se llevan a cabo en el medio acuático de la Ensenada de Tumaco.

pH

Este es alto para zonas acuáticas de estuarios pudiéndose bajar en zonas de alta descomposición; también presenta una pequeña variación con el cambio mareal. Cuando la marea baja los valores se hacen levemente más ácidos, lo cual puede ser explicado por el lavado de suelos ácidos durante el período de marea alta (Contreras, 1985).

En la Ensenada de Tumaco, los ríos son un medio de transporte de cualquier clase de material orgánico e inorgánico. A través del proceso de mineralización de los compuestos orgánicos se produce dióxido de carbono (CO₂), el cual, al reaccionar con el agua genera ácido carbónico, implicando un descenso en el pH del medio. De aquí que, en puntos sobre la desembocadura de los ríos durante marea baja no es raro encontrar valores de pH por debajo de 7.0.

Los valores medios mensuales para el área de estudio oscilaron entre 7.85 y 8.41 unidades de pH (Figura 2); ligeramente básicos probablemente debido a la presencia de carbonatos alcalinos y alcalinotérreos (sodio, potasio, calcio, etc). Cabe resaltar que el agua marina está fuertemente tamponada, de aquí el pH presenta un rango estrecho de variación.

Salinidad

Martín Knudsen, en 1901, la definió como el número total de gramos de material sólido disuelto en un kilo de agua de mar, cuando el carbonato ha sido convertido en óxido, todo el bromo y el yodo ha sido reemplazado por cloro y toda la materia orgánica ha sido completamente oxidada, después de secar la muestra a una temperatura de 480°C (Margalef, 1982).

Normalmente, la salinidad se expresa en gramos por kilogramo o partes por mil (símbolo = ‰).

Sus valores promedios oscilaron entre 18.4 y 30.8 psu. Las variaciones obedecen al aporte de agua dulce de varios ríos que desembocan en la ensenada, y algunos tienen un caudal apreciable como es el Rosario (1040 m³/s). Por lo tanto, siempre habrá oscilaciones en la salinidad, con un gradiente de aumento desde la costa hacia mar adentro.

Densidad

En el agua de mar varía aproximadamente entre 1.024 y 1.030 g/ml. En general, ésta aumenta con la profundidad, dentro de un estrecho rango de variación. La densidad del agua de mar depende de la salinidad, la temperatura y, en menor grado, de la presión a que está sometida de acuerdo con la profundidad que se encuentra. Como función de estas variables, la densidad aumenta con el aumento de la salinidad, disminuye con el aumento de la temperatura debido a la dilatación térmica del agua, y aumenta con el incremento de la presión o profundidad causada por la compresibilidad del líquido.

Para las aguas salobres de la ensenada de Tumaco, sus promedios durante algunas mediciones oscilaron entre 1.001 y 1.020 g/ml; relacionadas directamente con el grado de salinidad de las muestras.

Transparencia

En el agua de mar depende del grado con que la intensidad de la luz puede penetrar en ella, siendo mayor en aguas oceánicas y menor para las aguas costeras. La disminución de la intensidad luminosa a medida que se descende a mayor profundidad, se debe a la absorción de la radiación por el agua y a la difusión de la luz causada por las moléculas de agua, fenómenos que son aumentados por la presencia de partículas en suspensión, sustancias orgánicas disueltas y de organismos vivos microscópicos.

En las aguas costeras, la penetración de la banda asociada a la luz visible tiene muy poco poder, debido a la alta cantidad de partículas en suspensión. En determinados puntos de la Ensenada de Tumaco, en donde el alto

contenido de partículas en suspensión y/o debido a una gran proliferación de fitoplancton (algas microscópicas), o aporte de sedimentos transportados desde tierra por ríos o aguas de escorrentías, la penetración de la luz no alcanza los veinte (20) centímetros, tal es el caso de la estación número 20. Lo que se puede traducir en factor limitante para la existencia de los organismos productores en las zonas profundas.

Los valores promedios mensuales durante el período de estudio oscilaron entre 54 cm y 180 cm.

La temperatura, la presión hidrostática y la iluminación son los principales factores abióticos en el medio marino.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en una muestra de agua por los microorganismos cuando se descompone la materia orgánica a 20°C en un período de cinco días. Mide sin dificultad el carbono orgánico biodegradable. Sus valores medios mensuales a través del área de estudio oscilaron entre 0.48 ml/l (0.69mg/l) y 1.48 ml/l (2.11 mg/l), (tabla 1).

Las aguas de estuarios no contaminadas suelen tener una DBO de 1 a 2 mg/l (Kiely, 1999); lo que da para catalogarlas en aguas de la ensenada de Tumaco de buena calidad. Cuanto mayor sea el valor para la DBO5 la calidad del agua empeora.

La DBO5 y los sólidos suspendidos totales son los parámetros básicos en el cobro de la tasa retributiva por vertimientos líquidos, establecida mediante Resolución 273 del primero de abril de 1997 por el Ministerio del Medio Ambiente.

Amonio, Nitritos, Nitratos y Fosfatos

El nitrógeno y el fósforo son de importancia básica para la vida acuática. El conocimiento de su concentración permite explicar la distribución de los organismos y sus ciclos anuales (Margalef, op).

Muchos estudios demuestran que las concentraciones de nitrógeno y fósforo en el agua de mar limitan la velocidad de degradación de los hidrocarburos después de los derrames de petróleo (Leahy, 1990). Tomando como base petróleo crudo de Kuwait a 14°C, la demanda de nitrógeno es de 4 nmoles de nitrógeno por g de petróleo crudo (Foodgata, 1979).

En el ambiente marino se ha demostrado que el nitrógeno es un factor limitante para la producción fotosintética de carbono orgánico. El nitrógeno es un componente esencial para todos los organismos vivos.

El nitrógeno gaseoso en los océanos es aproximadamente 30 veces más abundante

que la suma de sus formas inorgánicas (amonio, nitrito, nitrato). Sin embargo, el nitrógeno molecular es relativamente inerte y para poder ser utilizado por los organismos debe estar en formas disponibles (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-). Los nitratos representan la forma más oxidada del nitrógeno inorgánico. Y los nitritos son las sustancias intermedias que se presentan durante el proceso de oxidación del amonio a nitratos. Los niveles de amonio (NH_3^+ , NH_4^+) se deben a la actividad biológica, principalmente (Carpenter, 1983).

Según el comportamiento mostrado en la figura No. 3 se evidencia una estrecha relación entre las concentraciones del ion amonio con las de nitratos, que no la presenta con los nitritos, lo cual puede indicar que durante el proceso de oxidación del ion amonio la etapa intermedia (formación del ion nitrito) es muy rápida o poco estable.

Durante el período de estudio, las concentraciones para el ion amonio siempre fueron más altas con relación a los nitratos y nitritos, mostrando un comportamiento no conservativo debido al proceso de nitrificación. Raras veces se observó que los niveles para nitratos superaran a los de amonio. Cabe

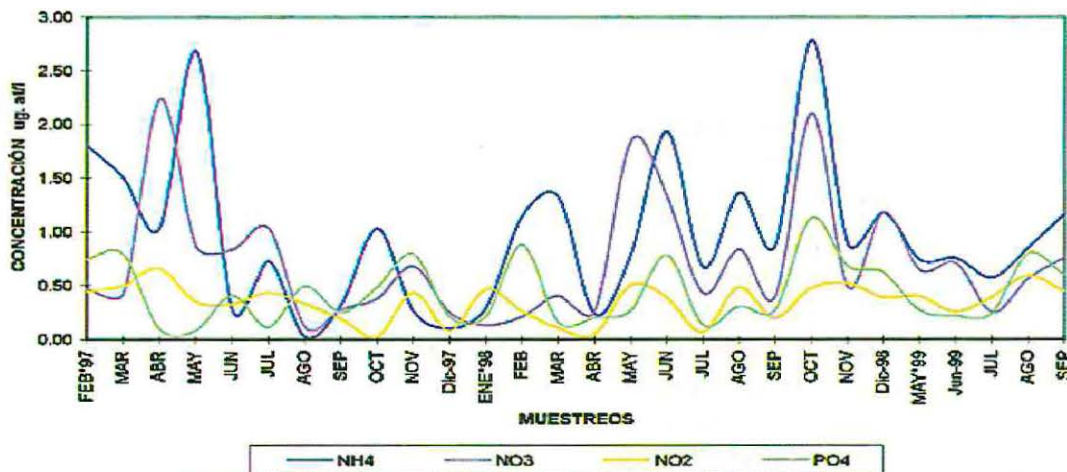


Figura No. 3 Datos promedio de nutrientes para la Ensenada de Tumaco

resaltar que las concentraciones encontradas para el ion amonio en la ensenada de Tumaco, no manifiestan ser un parámetro que implique un agotamiento de los niveles de oxígeno durante el proceso de mineralización o conversión a nitratos del material organonitrogenado.

Los niveles de amonio y nitratos presentan una tendencia de disminución a medida que aumenta la salinidad en el medio, o sea, en dirección mar adentro.

Los nitritos presentaron las concentraciones más bajas a través del período de estudio.

Finalmente, es importante resaltar que las mareas influyen fuertemente en la variación de los diferentes parámetros fisicoquímicos; catalogándose así como un factor determinante de las características físicas, químicas y por consiguiente las biológicas para la Ensenada de Tumaco. Observándose durante el período de marea baja los niveles para los nutrientes aumentan, como resultado del aporte del flujo de aguas continentales y de las aguas que han lavado áreas considerables de bosque de manglar; durante el período de marea alta, estas disminuyen por efecto de dilución y/o estancamiento de los flujos de los ríos.

El fósforo, al igual que el nitrógeno, es un factor limitante para la productividad primaria. Este se origina durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, como también de otras fuentes.

Las concentraciones para los fosfatos, al igual que las de los otros nutrientes, han presentado permanentemente variación tanto espacial como temporal; se han presentado ocasiones donde sus niveles han disminuido fuertemente. Sus niveles medios oscilaron entre 0.08 y 1.13 ug.at/l. En mares fértiles

puede alcanzar hasta 1.6 ug.at.P/l., (Margalef, op).

En la figura No. 3, se demuestra que cuando se presentan concentraciones altas de amonio las concentraciones para los fosfatos también aumentan, de esta forma se corrobora que la descomposición de la materia orgánica favorece su liberación.

Finalmente, se observó que los niveles de estos parámetros varían tanto espacial como temporalmente.

CONCLUSIONES

Los niveles encontrados para los diferentes parámetros manifiestan que las aguas de la ensenada de Tumaco son de buena calidad para mantener la vida acuática.

Se presentan variaciones significativas tanto espaciales como temporales en los diferentes parámetros fisicoquímicos. Los ciclos mareales juegan un papel determinante sobre los niveles encontrados de los diferentes parámetros fisicoquímicos. Las mayores concentraciones de nutrientes se encuentran hacia la parte interna de la ensenada de Tumaco.

El amonio fue el nutriente con las mayores concentraciones detectadas, como consecuencia del aporte de materiales organonitrogenado de origen continental. Y los nitritos con las concentraciones más bajas.

Los bajos valores encontrados para la DBO_5 manifiestan que las aguas que circulan por la ensenada de Tumaco son de buena calidad, puesto que se encuentran dentro del rango encontrado en la literatura para aguas estuarinas no contaminadas.

BIBLIOGRAFÍA

ATLAS (1984). En: LEVIN Morris and GEALT Michael A. Biotratamiento de residuos tóxicos peligrosos, Mc Graw - Hill, 1ª Edición, España, 1997. p. 25

CARPENTER, J. AND CAPONE Douglas G. Nitrogen in the Marine Environment, Academic Press Inc., New York, 1983. p. 2 - 22.

COONEY, J.J. 1984. The fate of petroleum pollutant in fresh - water ecosystem. In R.M. Atlas (ed), Petroleum Microbiology. Macmillan. New York. En: LEVIN Morris AND GEALT Michael A. Biotratamiento de residuos tóxicos peligrosos, Mc Graw - Hill, 1ª Edición, España, 1997. p.25

CONTRERAS (1985). En: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Conservación y uso sostenible de los Manglares del Pacífico Colombiano. Santafé de Bogotá, Octubre de 1998. p. 131.

FOODGATA, 1979. En: LEVIN, Morris and Ggealt, Michael A. Biotratamiento de residuos tóxicos peligrosos, Mc Graw - Hill, 1ª. Edición, España, 1997. p. 25

KIELY, Gerard. Ingeniería Ambiental. Mc Graw Hill, 1ª Edición. España, 1999. p. 105, 1185.

LEVIN, Morris AND GEALT, Michael A. Biotratamiento de residuos tóxicos peligrosos, Mc Graw - Hill, 1ª. Edición, España, 1997. p. 25, 29

MARGALEF, Ramón. Ecología, Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1982. p. 25, 37, 52, 58

RILEY, J.P. 1953. The spectrophotometric determination of amonia in natural water with particular reference to sea-water Anal. Chim. Acta, Vol 9, 575-589.

STANDARD METHODS. For the examination of water and wastewater, Fifteenth Edition, 1981.

STRICKLAND, J.D. y PARSONS T.R. 1968. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canadá. Segunda Edición. Otawa.

TURK, Amos et al. Tratado de Ecología. Iberoamericana, México, D.F. 1981. P. 51, 533

VALDEZ FRIAS, Armando y CERVANTES MORENO, Gonzalo. Ingeniería de Costas, 1994. p. 140