

BOLETÍN CIENTÍFICO CCCP	TUMACO NARIÑO (Colombia)	No. 4	19-26	Julio 1993	ISSN 0121-3423
-------------------------------	--------------------------------	-------	-------	------------	-------------------

## ESTADO ACTUAL DE LA EUTROFICACIÓN EN ÁREAS COSTERAS DE LA ENSENADA DE TUMACO Y DIAGNÓSTICO EN LA BAHÍA DE BUENAVENTURA

*Alba Idalia Mosquera Mosquera*

### RESUMEN

*Dada la variabilidad de los ecosistemas costeros y considerando que los problemas de eutroficación y sus síntomas sólo se verifican a largo plazo, el Centro Control Contaminación del Pacífico, con el ánimo de obtener conclusiones más acertadas sobre la calidad de las aguas en algunos sectores del Pacífico Colombiano, desarrolló, durante el período 1991-1992, un estudio para el monitoreo de este proceso en la Ensenada de un Tumaco y su diagnóstico en la Bahía de Buenaventura.*

*Se realizaron muestreos mensuales aplicando la metodología presentada por Mosquera (1991), tanto para la toma como para el análisis de parámetros físicoquímicas e intercambio de un buen porcentaje de las aguas de la Ensenada, al comparar los valores registrados en el presente estudio con los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno y la disminución de la concentración de Oxígeno disuelto en las estaciones consideradas. Además se reporta un significativo aumento de la temperatura del agua durante el período febrero - abril, el cual parece estar asociado con la manifestación del fenómeno "El Niño" en la costa Pacífica Suramericana y aparentemente es responsable de las variaciones presentadas en los parámetros en estudio.*

*Por otro lado, los datos obtenidos de los muestreos realizados en la bahía de Buenaventura manifiestan el desarrollo de un proceso de eutroficación aparentemente más avanzado tanto en magnitud como en extensión, en comparación con la Ensenada de Tumaco.*

**Palabras Claves:** *Contaminación, Eutroficación, Tumaco, B/ventura.*

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años el desarrollo agrícola, industrial y urbano de las áreas costeras ha aumentado

rápidamente; este desarrollo es continuo y en conjunto con el crecimiento del turismo, origina problemas ambientales particulares. En estas áreas existen fuentes de descarga de nutrientes a

través de los ríos, pero muchas de estas son producto de la eliminación de desechos, en la mayoría de los casos, no tratados.

El impacto de estos nutrientes sobre los organismos puede ser directo o indirecto. En concentraciones altas el efecto directo de ellos se entiende como el potencial tóxico que representan para algunas especies muy sensibles. Su efecto indirecto se manifiesta en la alteración de las características de un cuerpo de agua induciendo cambios que pueden incidir sobre el equilibrio natural del mismo, permitiendo el crecimiento y desarrollo de algunos organismos en detrimento de otros.

En los últimos años se ha dado especial atención a estos aumentos de niveles nutrientes en diversos sectores costeros y mares interiores del mundo (Corredor, 1979; corredor *et. al.*, 1985 Smith *et. al.*, 1985; Corredor y Morell, 1989 Bell, 1990; Diaz *et. al.*, 1990 Changming, 1990; Ganoulis, 1990; Inoue y Ebise, 1990; Mihnea *et. al.*, 1990; Vukadin, 1990; Hernández y Márquez, 1991; Mosquera, 1991).

El presente estudio reporta los resultados obtenidos durante el monitoreo del proceso de eutroficación, crecimiento algal inducido por aumento de niveles de nutrientes, en aguas de la ensenada de Tumaco, presentando un diagnóstico preliminar de la calidad de las aguas de la bahía de Buenaventura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ENSENADA DE TUMACO

La Ensenada de Tumaco esta delimitada por las latitudes  $1^{\circ} 45' 0$  y  $2^{\circ} 00' 0$  Norte y longitudes  $78^{\circ} 30' 0$  y  $78^{\circ} 45' 0$  Oeste con una área aproximada de 350 kilómetros cuadrados. Una de sus características sobresalientes es la existencia de ríos cortos pero muy caudalosos debido a la alta precipitación.

Durante el periodo de estudio, la temperatura máxima del aire promedio fue de  $29.62^{\circ}\text{C}$  registrada en abril/92 y la mínima  $23.60^{\circ}\text{C}$  para el mes de diciembre/92. Presentó una humedad relativa promedio de 84% y registró una precipi-

tación anual de  $3872.00\text{ mm/m}^2$ , con un aumento de lluvia a lo largo de 1992. muy probablemente debido al fenómeno "El Niño" registrado en este año.

La figura 1 presenta las estaciones de muestreo en la Ensenada de Tumaco. Se realizaron muestreos mensuales durante octubre/91 -diciembre/92, tomando muestras a 3 m de profundidad utilizando una botella Nansen. La temperatura y salinidad de determinaron con un termosalinómetro portátil ó, en su defecto, con un termómetro de cazoleta  $0 - 50^{\circ}\text{C}$  y un refractómetro de  $0 - 160^{\circ}/\text{oo}$ .

La transparencia fue medida con el disco sechi. El oxígeno disuelto (OD), y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), fueron determinados aplicando el método Winkler, sin modificaciones. Las muestras de nutrientes fueron conservadas en congelación y analizadas después de 48 horas.

### BAHÍA DE BUENAVENTURA

La Bahía de Buenaventura se encuentra ubicada en el Departamento del Valle del Cauca entre latitudes de  $3^{\circ} 44' 0$  y  $3^{\circ} 55' 0$  Norte y longitudes  $77^{\circ} 04' 0$  y  $77^{\circ} 15' 0$  Oeste. Recibe el aporte de numerosos ríos (Dagua, Anchicayá, Limones, Potedó y Raposo, entre otros), quebradas y corrientes menores que descienden desde la cordillera Occidental. La zona costera está cubierta por manglares surcados de canales y esteros que son utilizados como vía de comunicación desde y/o hacia la bahía. Un ejemplo de éstos es el estero San Antonio, en cuyo brazo mayor se localizan las pesqueras más grandes que funcionan en el Municipio.

Buenaventura se encuentra a una altura aproximada de 7 m.s.n.m., presenta temperatura media promedio de  $27^{\circ}\text{C}$ . Debido al ZCIT y al régimen de vientos predominantes del sudoeste, presenta una alta pluviosidad ( $6050\text{ mm/año}$ ).

Además de las actividades portuarias existen empresas pesqueras, madereras, astilleros y almacenamiento de combustibles, entre otros. Cada una de estas genera un tipo específico de desechos que contribuyen, en conjunto, a las alteraciones que pueda presentar las aguas de la Bahía.

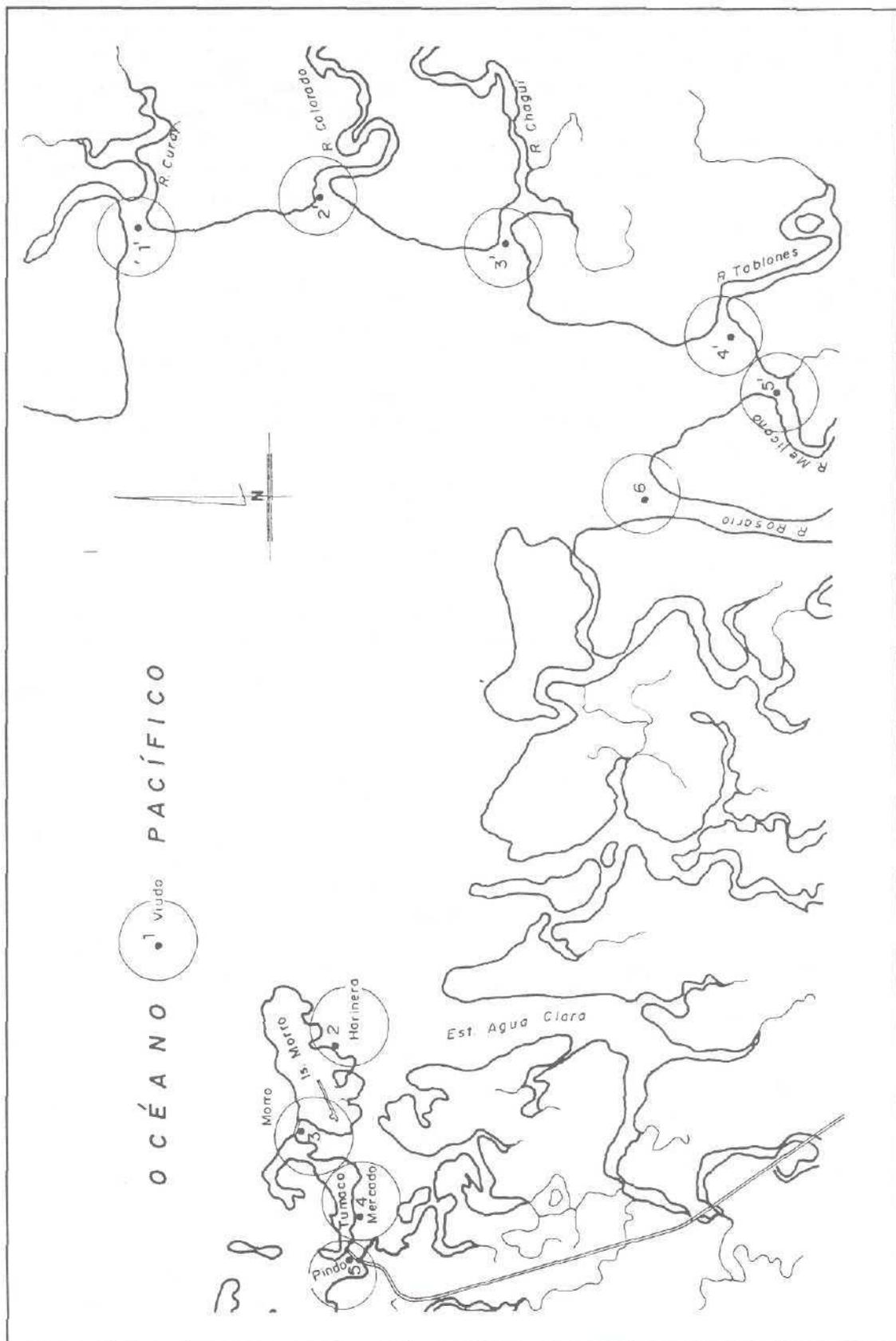


FIGURA 1. Ubicación estaciones de muestreo Ensenada de Tumbaco.

Se realizaron tres muestreos mensuales durante el período agosto/92 - octubre/92. Las muestras fueron tomadas con Botella Nansen a 3 metros de profundidad. El procedimiento de análisis fue el mismo aplicado para las muestras tomadas en Tumaco. La figura 2 presenta la ubicación de las estaciones de muestreo, las cuales fueron seleccionadas después de un recorrido por la Bahía y considerando su proximidad a lugares donde se presume hay un cierto grado de vertimiento de desechos. La Boya 14 (3 57' - 77 05'), fue seleccionada considerando que podría cumplir con lo esperado en la estación El Viudo Tumaco, la cual se considera como un sector relativamente lejos de la influencia antropogénica a que están, evidentemente, sometidas las demás.

## RESULTADOS

### ENSENADA DE TUMACO

Las tablas 1, 2 y 3 presentan los promedios de los valores reportados durante el período de estudio en la Ensenada de Tumaco. Se aprecia un notable incremento de la temperatura del agua en todas las estaciones. Se registra un aumento en la transparencia, una disminución de los niveles de nutrientes y clorofila a; aunque se presenta un claro aumento de la DB05.

Los mayores valores de temperatura se reportaron durante febrero/92 - abril/92, período que coincide con los menores niveles de oxígeno disuelto y aumento de la transparencia. Durante este mismo período se presentó una disminución del contenido de nutrientes de clorofila a en las aguas interiores de la Ensenada y aumento de estos parámetros en la boca de los ríos.

### BAHÍA DE BUENAVENTURA

La tabla 4 presenta los promedios registrados en la Bahía de Buenaventura, donde se reportan bajos valores de transparencia y oxígeno y altos niveles de DB05, nutrientes y clorofila a.

## DISCUSIÓN

### ENSENADA DE TUMACO

Una de las características de la Costa Pacifica Colombiana es estar surcada por ríos cortos pero de alto caudal. Estos, a través de su desembocadura, se constituyen en una forma de aporte de materiales de origen terrestre, recogidos a lo largo de su cauce, a las aguas marinas. Desde la zona de influencia de aguas saladas, las riberas de estos ríos se caracterizan por presentar grandes bosques de manglar que crecen sobre suelos fango-

**TABLA 1.** Valores promedio y desviación estándar de parámetros físico-químicos, con valores máximos y mínimos reportados para la Ensenada de Tumaco (marea alta).

Estación	Temperatura °C	Transparencia o	Oxig. Dis ml/l	DB05 ml/l	Nitrógeno* UM/l	Fósforo UM/l	Clorofila A mg/m <sup>3</sup>	Sol. Susp mg/l	Relación N:P
Viudo	27.59 + 0.84	4.11 + 0.88	4.49 + 0.32	2.80 + 2.63	1.75 + 0.57	0.50 + 0.21	1.10 + 1.89	64.45 + 20.65	5:1
	29.29 27.00	6.00 2.70	5.03 4.12	5.30 1.16	2.54 0.75	0.88 0.20	2.09 ND	109 35	11:1 2:1
Harinera	27.54 + 0.77	3.45 + 0.50	4.33 + 0.43	4.65 + 1.73	1.79 + 0.63	0.37 + 0.16	0.03 + 0.44	63.04 + 20.25	5:1
	29.00 26.00	4.00 2.50	4.99 3.23	6.64 2.15	2.99 0.44	0.68 0.22	1.59 0.39	106.50 32	10:1 1:1
Morro	27.57 + 0.93	3.32 + 0.98	4.30 + 0.35	6.15 + 2.42	1.50 + 0.49	0.47 + 0.23	0.77 + 0.39	62.54 + 17.50	6:11
	29.28 26.80	5.00 2.00	4.75 3.55	8.87 2.53	2.22 0.70	0.70 0.13	1.43 ND	100 33	20:1 1:1
Mercado	27.72 + 1.05	2.70 + 0.54	3.90 + 0.38	5.45 + 3.20	1.98 + 0.64	0.56 + 0.21	1.00 + 0.76	75.72 + 0.76	4:1
	29.30 26.80	3.80 2.00	4.76 3.29	10.49 2.02	3.00 0.85	0.93 0.28	2.90 0.27	186 33	6:1 2:1
Pindo	27.67 + 1.16	1.79 + 0.38	3.55 + 0.24	8.23 + 2.47	2.09 + 0.42	0.61 + 0.19	1.53 + 0.08	68.09 + 21.82	3:1
	30.16 26.30	2.70 1.49	4.02 3.20	10.92 4.82	2.70 1.30	0.88 0.34	3.02 ND	110 34	4:1 1:1

\* Entiéndase como Nitrógeno Total Inorgánico = NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>

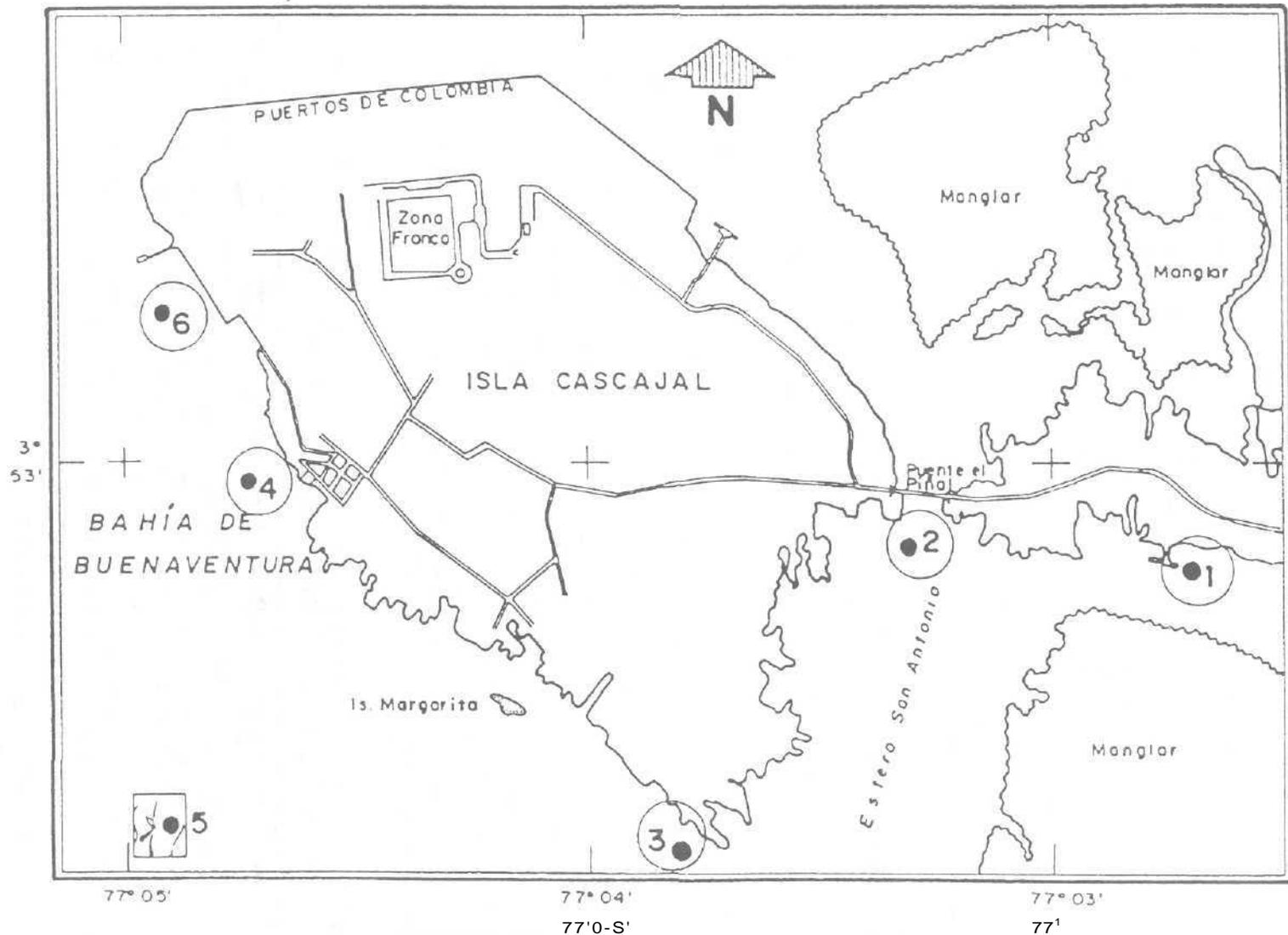


FIGURA 2. Ubicación estaciones de muestreo Bahía de Buenaventura.

TABLA 2. Valores promedio y desviación estándar de parámetros físico-químicos, con valores máximos y mínimos reportados para la Ensenada de Tumaco (marea baja).

Estación	Temperatura °C	Transparencia o	Oxig. Dis ml/l	DB05 ml/l	Nitrógeno* UM/l	Fósforo UM/l	Clorofila A mg/m <sup>3</sup>	Sol. Susp mg/l	Relación N:P
Viudo	27.92 + 0.91	2.90 + 1.05	4.59 + 0.35	4.32 + 2.63	68 + 0.87	0.52 + 0.26	0.78 + 0.44	60.58 + 23.43	6:1
	29.10 27.00	4.30 2.00	4.97 3.81	8.08 1.08	3.35 0.45	0.93 0.22	1.76 0.21	108 21	22:1 1:2
Harinera	28.26 + 1.04	2.76 + 0.63	4.22 + 0.31	6.79 + 3.56	1.93 + 0.62	0.39 + 0.16	1.07 + 0.56	67.67 + 25.35	4:1
	30.90 27.20	4.50 2.10	4.56 3.45	11.47 1.55	3.09 0.88	0.48 0.18	2.11 0.34	119 31	7:1 2:1
Morro	28.19 + 0.83	2.87 + 0.56	4.36 + 0.49	7.57 + 4.37	1.60 + 0.68	0.44 + 0.20	1.88 + 0.78	69.42 + 22.1	15:1
	29.90 27.20	4.00 1.80	5.43 3.58	11.83 1.76	2.38 0.45	0.73 0.20	2.36 0/25	108 40	10:1 2:1
Mercado	28.36 + 0.97	1.97 + 0.30	3.94 + 0.60	6.01 + 4.11	2.30 + 0.45	0.49 + 0.15	1.89 + 0.97	72.16 + 24.13	6:1
	30.70 27.40	2.50 1.10	4.78 2.49	12.08 2.10	4.53 0.72	0.58 0.27	4.33 0.79	115 42	10:1 2:1
Pindo	29.45 + 0.93	0.89 + 0.49	6.85 + 0.48	6.85 + 0.48	2.90 + 0.98	0.97 + 0.35	2.50 + 1.13	72.75 + 30.01	3:1
	31.50 27.50	2.20 0.40	7.25 6.33	7.25 6.33	4.22 1.72	1.60 0.68	4.45 0.46	133 35	6:1 1:1

\* Entiéndase como Nitrógeno Total Inorgánico = NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>

TABLA 3. Valores promedio y desviación estándar de parámetros físico-químicos, con valores máximos y mínimos reportados en Bocas de ríos de la Ensenada de Tumaco.

Estación	Temperatura °C	Transparencia o	Oxi. Dis ml/l	DB05 ml/l	Nitrógeno* UM/l	Fósforo UM/l	Clorofila A mg/m <sup>3</sup>	Sol. Susp. mg/l	Relación N:P
Curay	28.20 + 1.28	0.77 + 0.33	3.52 + 0.33	3.05 + 2.12	3.94 + 2.40	1.34 + 1.14	3.70 + 2.46	189 + 96	6:1
	30.60 26.80	1.30 0.30	4.06 2.82	8.16 1.14	10.24 1.67	3.58 0.10	9.82 1.35	371 66	28:1 1:3
Colorado	28.38 + 1.32	0.45 + 0.23	3.37 + 0.34	3.68 + 2.10	3.5 + 1.81	1.48 + 0.92	7.57 + 2.88	394 + 24	7:1
	30.80 27.00	1.00 0.15	3.76 2.69	7.93 1.17	7.76 1.20	2.88 0.18	10.89 3.08	753 12	30:1 1:1
Chagui	28.65 + 1.04	0.45 + 0.23	3.54 + 0.59	3.08 + 2.18	3.66 + 1.61	1.25 + 0.70	6.26 + 3.43	277 + 16	7:1
	30.70 27.70	0.85 0.10	4.39 2.46	8.05 1.75	7.19 1.25	2.47 0.10	10.86 1.02	589 10	40:1 1:1
Tablones	28.71 + 1.08	0.71 + 0.23	2.86 + 0.56	3.45 + 2.48	6.50 + 3.70	1.21 + 0.99	5.96 + 3.41	278 + 16	16:1
	30.80 27.60	1.20 0.47	3.56 1.08	8.33 1.25	11.65 1.72	3.13 0.22	10.87 2.84	337 61	83:1 1:2
Mexicano	28.71 + 0.97	3.82 2.07	3.06 + 0.42	5.03 + 2.53	5.98 + 4.34	0.96 + 0.81	4.07 + 2.67	131 + 53	22:1
	30.50 27.90	1.20 0.50	3.82 2.07	8.05 2.22	14.72 1.64	2.72 0.12	8.55 1.41	209 62	83:1 1:1
Rosario	28.69 + 0.98	0.83 + 0.27	3.27 + 0.49	3.19 + 2.18	5.00 + 2.93	1.36 + 0.84	4.30 + 1.49	236 + 113	6:1
	30.62 27.80	1.20 0.33	3.90 2.16	6.97 1.13	11.38 1.81	3.13 0.23	6.70 2.01	455 91	10:1 1:1

\* Entiéndase como Nitrógeno Total Inorgánico = NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>

TABLA 4. Valores promedio y desviación estándar de parámetros físico-químicos, reportados en muestreo preliminar en la Bahía Buenaventura (Julio - Octubre/92).

Estación	Temperatura °C	Transparencia	Oxig. Dis. ml/l	DB05 ml/l	Nitrógeno* UM/l	Fósforo UM/l	Clorofila A mg/m <sup>3</sup>	Sol. Susp. mg/l
Copescol	28.26 + 0.38	0.53 + 0.09	3.21 + 0.56	15.71 + 14.76	3.39 + 1.33	1.0 + 1.01	2.70 + 0.95	49 + 17
El Piñal	28.23 + 0.33	0.45 + 0.20	2.88 + 0.36	6.33 + 1.50	3.21 + 1.19	1.66 + 0.95	4.11 + 1.56	72 + 31
La Palera	28.33 + 0.47	0.50 + 0.14	3.44 + 0.86	11.96 + 7.59	2.98 + 1.11	1.65 + 0.90	2.56 + 0.64	46 + 29
Pueblo Nuevo	28.23 + 0.33	0.73 + 0.34	3.89 + 0.42	6.52 + 5.30	2.91 + 1.53	1.66 + 1.19	3.28 + 1.14	63 + 28
Boya 14	28.33 + 0.47	0.60 + 0.29	3.71 + 0.053	10.68 + 9.13	2.95 + 0.80	1.76 + 1.22	3.42 + 0.84	63 + 22
Playa Basura	28.26 + 0.38	0.70 + 0.28	4.07 + 0.37	4.78 + 2.87	2.63 + 1.30	1.55 + 0.84	2.97 + 0.60	46 + 11

\* Entiéndase como Nitrógeno Total Inorgánico = NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>

sos. Estos manglares, además de funcionar como trampas biológicas en las cuales los nutrientes se almacenan en forma de biomasa y nitrógeno molecular disuelto a formas reducidas disponibles para consumidores superiores.

En el presente estudio, los niveles de nutrientes en la boca de los ríos son más altos que en el interior de la Ensenada. Esto podría ser un reflejo de la alta eficiencia de reciclaje y la capacidad de fijar nitrógeno por el ecosistema de manglar circundante.

A pesar de la aparente restauración de la calidad de las aguas de la Ensenada, representada en la ligera disminución de nutrientes y clorofila y a aumento de la transparencia, realmente no existe tal tendencia a mejorar. La transparencia mostró un aumento de aproximadamente 0.15 m con respecto de los valores reportados por Mosquera (1991), este incremento del promedio muy probablemente es consecuencia de los altos valores registrados para este parámetro durante el período de incremento de la temperatura del agua (febrero - abril), relacionados con la manifestación del fenómeno "El Niño" en estas aguas (Mosquera y Gómez, en prensa). El aumento en la transparencia puede explicarse por disminución de fitoplancton, interpretada implícitamente a partir de la disminución de la clorofila *a*, que determina, en alto grado, importantes modificaciones negativas en el color y transparencia del agua.

Por otro lado, la disminución de los promedios de nutrientes y de clorofila *a* también puede explicarse como una consecuencia de este evento. En concordancia con lo observado por Zuta y Guillén (1970), en condiciones de manifestación de "El Niño" se presentó una notoria disminución de los niveles de estos parámetros.

Entonces, los menores valores de clorofila y nutrientes coinciden, al igual que la transparencia, con el período de aumento de la temperatura y pueden haber contribuido a la disminución del promedio sin que ello implique una verdadera tendencia a la restauración del sector.

Otro aspecto que contribuye a rechazar la hipótesis de una eventual tendencia a la recuperación de estas aguas es el bajo contenido de oxígeno que,

aunque mostró una marcada disminución en el período de aumento de la temperatura, en general refleja un progresivo deterioro, corroborado por el sustancial aumento de la DB05.

Entre los elementos nutrientes se considera que el nitrógeno y/o el fósforo son limitantes en los ecosistemas acuáticos. Las relaciones nitrógeno/fósforo, presentadas en las tablas 1-3 muestran al primero como el limitante del crecimiento del fitoplancton en la Ensenada de Tumaco.

Actualmente, las Autoridades Regionales han planeado la ejecución de un proyecto de adecuación de acueducto y alcantarillado en el Municipio de Tumaco y, dentro de los planes de prevención de desastres, se ha propuesto la evacuación de las viviendas de las áreas de bajamar para su reubicación en sectores continentales. De concretarse estas alternativas, podría pensarse en la posibilidad de ostensible recuperación de las aguas de la Ensenada, dejando de ser receptora de una sustancial carga de desechos producto de actividades domésticas. Por otro lado, la Corporación Regional ha puesto en marcha planes de control para las industrias del sector exigiendo la adopción de mecanismos para evitar el vertimiento de sus residuos orgánicos y/o inorgánicos al medio acuático.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Ensenada de Tumaco es un ambiente que aparentemente esta sobrepasando la capacidad de recibir una serie de desechos que por mucho tiempo han sido depositados en sus aguas sin control; por esta razón es necesario considerar la posibilidad de disminuir todos los ingresos bioactivos de fuentes terrestres y/o antropogénicas. Las alternativas para lograrlo pueden estar representadas en una remoción de los residuos sólidos biológicos de los afluentes, reduciendo así la DB05 que se presenta en progresivo aumento en estas aguas; tratamiento de desechos domésticos e industriales para la eliminación de una buena parte de los nutrientes presentes potencial y/o efectivamente y garantizar a la comunidad un sitio diferente del medio acuático para la elimina-

ción de los desechos producto de sus actividades cotidianas. Cualquiera que sea la alternativa adoptada, es conveniente su oportuna ejecución procurando prevenir, a menor costo, que recuperarse con costos muy altos.

Dado que estos aumentos en la concentración de nutrientes llevan implícito un efecto tóxico para algunos organismos vivos, se recomienda dar inicio a estudios que conduzcan al conocimiento de la ecotoxicología de las sustancias químicas y/o productos de su descomposición que puedan afectar al ambiente natural y su biota componente.

Los resultados preliminares obtenidos muestran a la Bahía de Buenaventura como un sitio relativamente de alta eutroficación, un diagnóstico más acertado a este respecto sólo será posible si se tiene un conocimiento más detallado con un mayor número de datos. Por este motivo se recomienda la ejecución de un estudio que permita una aproximación más real al establecimiento del estado de calidad de estas aguas. Por otro lado, con base en los resultados, no es posible considerar a la estación Boya 14 como fuera de la influencia antropogénica del interior de la Bahía, por tanto, se requiere la selección de una estación que pudiera ser considerada como una referencia para compararla con las condiciones reinantes al interior de la Bahía.

Es conveniente dar continuidad a estos estudios derivando la atención hacia aspectos relacionados con el fitoplancton y las componentes fisicoquímica y biológica (comunidades Bentónicas), de la interfase sedimento/agua, con el ánimo de utilizar a estos organismos como indicadores y corroboradores de las alteraciones detectadas previamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bell, P.R.F. 1990. Status of eutrophication in Great Barrier Reef Lagoon. *Mar, Poll, Bull.* 23: 89-94.
- Changming, Y. 1990. Pollution of Bohai Bay. *Mar, Poll, Bull.* 23: 15-18.
- Corredor, J.E. 1979. Phytoplankton response to low level nutrient enrichment through upwelling in the columbian Caribbean Basin. *Deep sea Research* 26: 731-741.
- Corredor, J.E.; J. Morell; F. Nieves y E. Otero. 1985. Estudio de eutroficación en el ecosistema marino de la Parguera. Duodécimo Simposio de Recursos Naturales 37 pp.
- Corredor, J.E. y J.M. Morell. 1989. Assesment of inorganic nitrogen fluxes across the sediment-water interface in a tropical lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 28: 339-345.
- Díaz, M.; J.E. Corredor y J.M. Morell. 1990. Nitrogenase activity of *Microcoleus lyngbyaceus* mat communities in eutrophic tropical marine environment. *Limnol. Oceanogr.* 35 (8): 1788-1795.
- Ganoulis, J.G. 1990. Water quality assesment and protection measures of a semi-enclosed coastal area: the bay of Thermaikos (NE Mediterranean sea). *Mar, Poll, Bull.* 23: 83-88.
- Hernández, C.A. y G.E. Márquez. 1991. Producción primaria en el ecosistema Ciénaga Grande de Santa Marta, Laguna costera del Caribe Colombiano. *Trianea (Act. cient. tecn. INDERENA)*, 4: 385-407.
- Inoue, T. y S. Ebise. 1990. Runoff Characteristics of COD, BOD, C, N y p Loadings From Rivers to enclosed Coastal Seas *Mar, Poll, Bull.* 23: 11-14.
- Mihnea, P.E. Coingioğlu e I. Pecheano. 1990. Present State of environmental pollution in coastal sea area and measures for protection *Mar. Poll Bull.* 23: 117-122.
- Mosquera, A. I. 1991. La contaminación orgánica, un posible precursor de la aeutroficación en la Ensenada de Tumaco. *Boletín Científico CCCP.* (3): 31-50.
- Mosquera A. I. y R. E. Gómez. En prensa. Descripción de algunas alteraciones océano-atmósfera registradas en la Costa Pacífica Nariñense debido a "El Niño" 1992.
- Smith, C. J.; R. D. Delaune y W. H. Patrick Jr. 1985. Fate of riverine nitrate entering an estuary: I Denitrification and Nitrogen Burial. *Estuaries* 8 (1): 15-21.
- Vukadin, I. 1990. Impact of Nutrient enrichment and their relation to the algal bloom in the Adriatic Sea. *Mar, Poll, Bull.* 23: 145-148.
- Zuta, S. y O. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú.* 2: 323 pp.