

La contaminación orgánica un posible precursor de la eutroficación en la Ensenada de Tumaco

Por; *Alba Idalia Mosquera Mosquera*

RESUMEN

El presente estudio se realiza con el propósito de contribuir al conocimiento y monitoreo de la posible ocurrencia de un proceso de eutroficación en las aguas de la Ensenada de Tumaco, con el fin de hacer recomendaciones tendientes a su prevención y/o control oportuno.

Se realizan muestreos mensuales para determinar, en estaciones previamente establecidas, niveles de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nutrientes (nitritos, nitratos, amonio y fosfatos), clorofilas, sólidos suspendidos, temperatura, salinidad y transparencia; en complemento con estudios microbiológicos para determinación de conformes totales; biológicos para identificación de fitoplancton y oceanográficos para determinación de dinámica de corrientes en la Ensenada de Tumaco.

En general, los rangos encontrados para la mayoría de estos parámetros podrían considerarse indeseables en algunos cuerpos de agua del mundo; pero, en el caso de Tumaco, estos no han sido valores constantes espacio-temporalmente, lo cual muestra que la dinámica de las aguas del sector permite un intercambio y renovación de masas de agua.

Si bien las aguas de la Ensenada de Tumaco no están atravesando por un proceso de eutroficación, presentan todas las características que la convierten

en una zona donde, de no tomarse las medidas sanitarias adecuadas, muy pronto se estaría verificando un acelerado estado eutrófico, como consecuencia de la descarga de desechos domésticos e industriales sumados al material transportado por los ríos.

Se recomienda a las autoridades competentes tomar acciones tendientes a evitar el desarrollo de este proceso en la Ensenada, y se requiere la adopción de medidas para el control de vertimiento de desechos químicos u orgánicos y preservación del medio marino.

ABSTRACT

This study is made in order to contribute to the knowledge and monitoring of the possible occurrence of a process of eutrophication in Tumaco Ensenada waters, to make recommendations which tend to prevent and/or control it opportunely.

Monthly samples are performed to determine, in previously established stations, levels of dissolved oxygen, biochemical demand of oxygen, nutrients (nitrites, nitrates, ammonium, and phosphates) floating solid, chlorophylls, temperature, salinity and transparency; complemented to microbiological studies to determine total coliphorms, biological to identify phitoplancton and oceanographics to determine the dynamic of the waters in the Tumaco Ensenada.

In general, the found ranges to major of those parameters could be considered as unlikeable in some other waters of world, but in the case of Tumaco, they have not been constant values space-temporally talking, which demonstrates that the dynamic of that waters permits an exchange and renovation of water masses,

Eventhough waters of Tumaco Ensenada are not in process of eutrophication, they present all the characteristics which make it a zone were;" if not adequate sanitary measures are taken, an accelerate eutrophic state could be verified, as a consequence of domestic and industrial discharges added to the material transported by the rivers.

It is recommended to authorities to act in order to avoid the development of that process in the Ensenada and it requires the assumption of measures to the control of the chemical and organic discharges vertiment and preservation of the sea environment.

INTRODUCCIÓN

El progresivo desarrollo de complejos industriales produce grandes cantidades de desechos que deberían eliminarse sin causar efectos nocivos; aún después de su tratamiento y reciclaje, estos llegan al mar, permanecen y generan una continua presión sobre el medio ambiente marino.

La contaminación marina es causada por la introducción, al medio, de sustancias y energía que tienen efectos adversos y son dispersados a través del medio ambiente por varios procesos (GESAMP, 1982).

Los mayores problemas de contaminación marina a menudo, pueden atribuirse a la descarga de grandes volúmenes de desechos cuyo impacto es local. Generalmente, la contaminación es más severa en áreas costeras semiencerradas, altamente pobladas e industrializadas, caracterizadas por presentar concentraciones sustanciales de contaminantes provenientes de fuentes terrestres. Algunos de éstos son materiales, parcial y/o lentamente biodegradables, tales como papel, desechos alimenticios, material vegetal, etc. y otros son desechos sólidos no degradables como el plástico.

En algunos sectores estos desechos representan un riesgo directo al hombre, bien sea a través de playas recreativas o por consumo directo de alimentos marinos. De otro lado, los desechos nitro-

genados y fosforados tienen un efecto directo sobre las comunidades marinas, alterando, entre otras, la composición regional de fitoplancton (Schindler *et al.*, 1971; Schindler y Comita, 1972; Coelho y Fonseca, 1981 GESAMP, 1982; López *et al.*, 1984; Rudolph y Ahumada, 1987; GESAMP, 1988; Puente, 1988; Martino, 1989; Kelly y Naguib, 1991); debido a que aumenta su abundancia en proporción directa con la oferta de éstos y su efecto ha sido perceptible en muchas regiones.

El proceso mediante el cual se produce un estímulo para el incremento de la productividad primaria acuática (fitoplancton y macroalgas) por nutrientes minerales particularmente formas combinadas de nitrógeno y fósforo, se conoce con el nombre de Eutroficación.

En términos de calidad de agua, este proceso trae varias consecuencias entre las cuales se pueden considerar los problemas de carácter estético, con alteración del olor, color y transparencia del agua; mortalidad masiva de peces por falta de oxígeno proliferación de macro y micro algas tóxicas, con el predominio de algunos grupos del fitoplancton, entre otras,

El progresivo avance de estas condiciones de contaminación orgánica convierte el agua en un caldo nutritivo donde, además, crece un sinnúmero de bacterias, algunas de las cuales resultan patógenas al hombre. La contaminación microbiológica es, pues, causa asociada a la contaminación de aguas costeras por efluentes domésticos.

Otro factor de gran importancia dentro del análisis de cualquier problema de contaminación es el conocimiento de la dinámica de las aguas en estudio; ya que es el movimiento de éstas lo que va a determinar la presencia y/o distribución espacio-temporal de cualquier tipo de contaminante en la masa de agua.

Desde hace algún tiempo, los investigadores han venido dirigiendo su interés hacia aspectos de calidad de aguas. Inicialmente, el interés por este tema estaba encauzado hacia el agua dulce (Schindler y Comita 1972; Castangino, 1982; Salas y Martino 1988; Martino, 1989) debido a las necesidades de suministro de agua potable; además según Salas y Martino (1988), la metodología usada para evaluar la eutroficación fue elaborada con base en información relativa a aguas templadas, la cual resulta inadecuada para aguas cálidas tropicales.

Posteriormente, se realizan estudios sobre eutroficación en aguas marinas (Vollenweider, 1977; Coelho y Fonseca 1981, López *et. al.*, 1984; GESAMP, 1988; Puente, 1988; Kelly y Naguib, 1991), cada uno de los cuales ha contribuido a la formulación de metodologías, cada vez más adecuadas, para estimar el grado de eutroficación real o potencial de un área dada.

El presente estudio pretende contribuir al conocimiento y monitoreo de la posible ocurrencia de un proceso de eutroficación en aguas de la Ensenada de Tumaco, con el fin de hacer recomendaciones tendientes a su prevención y/o control oportuno, entre las cuales se incluye el planeamiento de sistemas de deposición final de aguas residuales, eliminación de desechos y basuras en general y posibles necesidades de remoción de nutrientes en algunos sectores.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Area de estudio

La Ensenada de Tumaco, está delimitada por las latitudes 1°45' y 2°00'N y longitudes 78°30' y 78°45'W, con un área aproximada de 350 km². Una de las características sobresalientes es la existencia de ríos con cauces relativamente cortos pero muy caudalosos debido a la alta precipitación.

Para el presente estudio se escogen 11 estaciones costeras en la Ensenada de Tumaco (Figura 1). Seis de ellas son bocas de ríos, seleccionadas debido a que se considera que éstos son una fuente de nutrientes y materiales de origen terrestre, recogidos en la extensión de su cauce y llevados, finalmente, al mar.

Las cinco estaciones restantes están localizadas en la bahía interna de Tumaco. La Boya, el Viudo se considera como un banco o control, por ser una estación que está fuera de la influencia directa de desechos antropogénicos y los datos en ella obtenidos se consideran como referencia con respecto a los de las demás estaciones.

2.2. Toma y procesamiento de muestras

2.2.1. Características físico-químicas

Se realizaron muestreos mensuales durante Agosto/90 - Agosto/91. Las muestras fueron tomadas en superficie y fondo, usando una botella Nansen. Las muestras de superficie se tomaron

aproximadamente a 0.10 m. y las de fondo 1.00m arriba del lecho marino.

La temperatura y salinidad se determinaron con un termosalinómetro portátil o, en su defecto, con un termómetro de cazoleta 0-50°C y un refractómetro de 0-160°/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, tomadas en superficie y fondo, fueron conservadas en congelación y analizadas después de 48 horas. Para la determinación de nitritos (NO₂) nitratos (NO₃), amonio (NH₄), fosfatos (PO₄) y silicatos (SiO₃) se aplicaron los métodos recomendados por (CIOH, 1982).

2.2.2. Características biológicas.

2.2.2.1. Fitoplancton

El muestreo de fitoplancton, llevado a cabo en el período enero-agosto/91, fue realizado a profundidades de 0, 3 y 5 m con botellas Nansen. Las muestras, una vez colectadas, se almacenaron en botellas plásticas, se fijaron con formol al 4% y se analizaron al microscopio invertido.

La clorofila fue determinada por extracción con acetona al 90%, aplicando la ecuación de Richards y Thompson (Rodier, 1981 y CIOH, 1982).

2.2.2.2. Microbiológico

Las muestras fueron tomadas con un intervalo de aproximadamente 15 días en cuatro estaciones (Quesillo, Bajito, Mercado y Pindo). Durante el período de marea alta debido a que se considera que es el ciclo en el cual están expuestos los bañistas.

2.2.3. Características oceanográficas

2.2.3.1. Dinámica de corrientes

Para el estudio de dinámica de corrientes en la Ensenada de Tumaco se aplicó un método Lagrangiano que consiste, básicamente, en el uso de boyas de deriva para la determinación de flujos de corriente. Las determinaciones se hicieron en di-

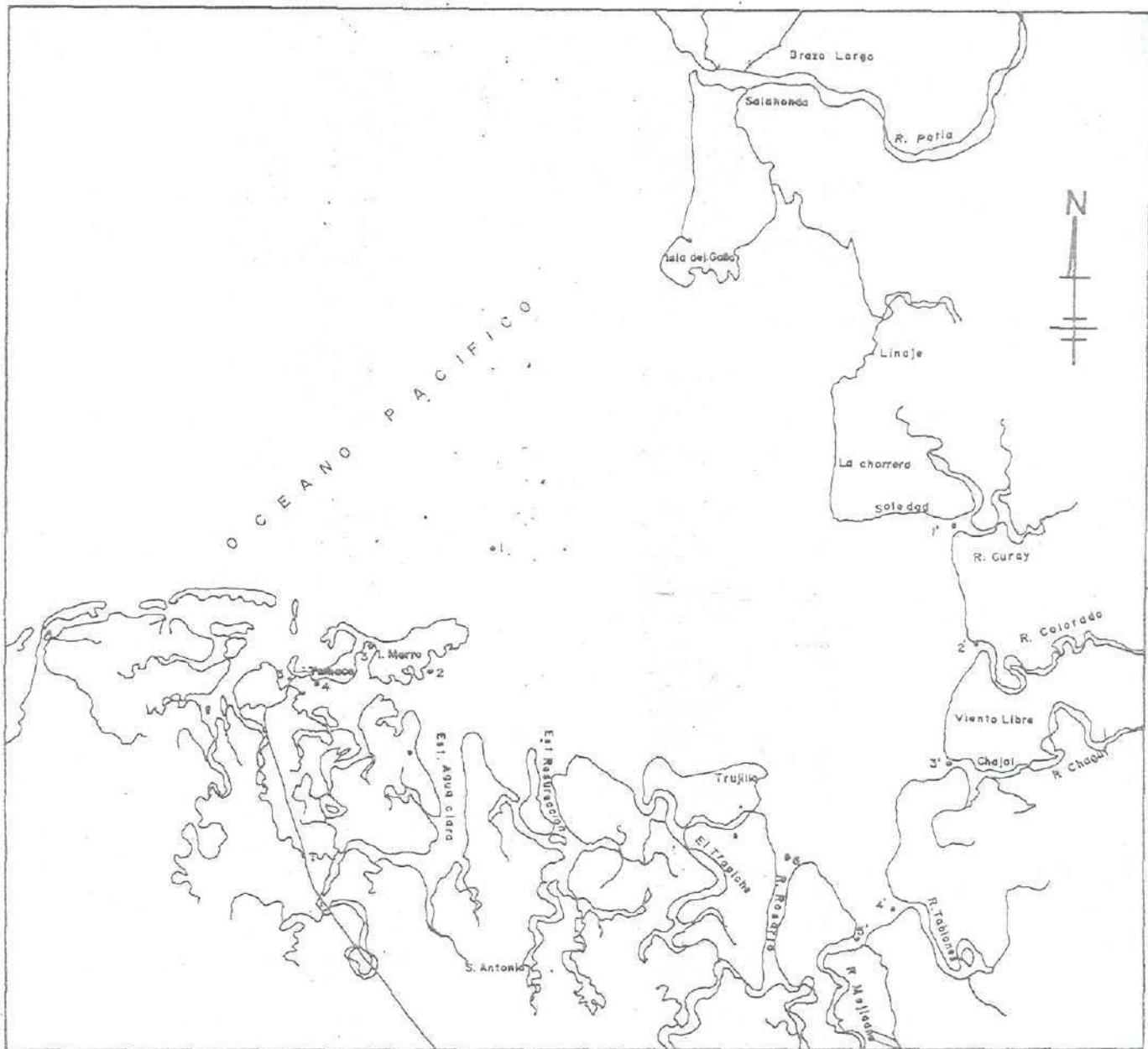


FIG. 1: Ubicación de las estaciones de muestreo en la Ensenada de Tumaco.

ferentes períodos de los ciclos de marea. Adicionalmente, se aplicó el método Euleriano, utilizando un correntómetro digital.

2.3. Análisis de resultados

Los datos obtenidos fueron almacenados y tabulados en una base de datos DBASE III PLUS y graficados con el programa HPG. Se presentan valores promedios de todos los datos registrados a lo largo del período de estudio.

3. RESULTADOS

3.1. Parámetros físico-químicos

3.1.1. Determinaciones generales

Las Tablas 1, 2 y 3 presentan los valores promedios de los datos registrados durante el período de muestreo en cada una de las estaciones y para cada uno de los parámetros medidos. En general, los datos de salinidad y temperatura, tanto en la bahía interna de Tumaco como en la boca de los ríos, son acordes con valores registrados para la Costa Pacífica Nariñense.

Los valores promedios de transparencia, muestran que la estación con mayor transparencia en la bahía interna de Tumaco, es el Viudo y que el menor valor se encuentra en El Mercado y Pindo. También puede apreciarse como en marea alta hay un aumento de transparencia, pero a pesar de dicho aumento, estaciones como El Mercado y Pindo, en especial ésta última, presentan en ambos ciclos de marea valores inferiores a 2m (1.89 - 0.73m).

En los ríos se encuentra que todos presentan transparencia menor que 1m. Las estaciones con mayor valor de transparencia fueron las ubicadas en la boca de los ríos Tablones y Mexicano y la menor, se observó en el río Colorado.

Los sólidos suspendidos, en general, presentaron un mayor promedio en marea alta tanto en fondo como en superficie. El mayor valor se registró en Mercado y Pindo, siendo esta última la única estación en la cual el valor de sólidos suspendidos en marea baja es significativamente mayor que en marea alta (Tablas 1 y 2).

El promedio de sólidos suspendidos en la boca de los ríos prácticamente duplica al de las estaciones en la Bahía interna (Tabla 3). Los mayores valores se registran en los ríos Curay y Chagui que son ríos con bajos promedios de transparencia.

Con respecto a la concentración de oxígeno disuelto, se observa que los menores valores se obtienen en marea baja para todas las estaciones, aunque en todos los casos (marea alta y baja) las estaciones con registro de menores valores fueron Mercado y Pindo (Tablas 1 y 2). Esta última presentó, ocasionalmente, durante el período de muestreo valores muy cercanos a 0 ml/l y, en repetidas ocasiones, se encontraron alevinos muertos y/o boqueando en la superficie con rápidos movimientos operculares y nado con movimientos descoordinados.

Entre las bocas de los ríos no hay variaciones muy marcadas de la concentración de oxígeno. Los menores valores fueron registrados en los ríos Tablones y Mexicano y, aparentemente, la mejor condición entre ellos, con respecto a este parámetro, se presenta en el río Chagui, seguido por el Rosario con valores muy cercanos a 4 mg/l (Tabla 3).

Los mayores promedios registrados para DB05 se encontraron en marea baja. La estación con un mayor promedio fue Pindo. En el ciclo de marea alta, tanto en el fondo como en la superficie, esta estación vuelve a manifestar altos valores con respecto de las otras. Una excepción es la estación Morro, que en el caso de marea alta superó el valor promedio de la estación Pindo (Tablas 1 y 3).

En los ríos, el mayor valor correspondió al río Chagui seguido por Curay y Colorado y, el menor, al río Tablones.

El promedio de nutrientes para la Ensenada de Tumaco no mostró una tendencia muy definida en lo que a estaciones se refiere. Los nitritos presentaron sus mayores valores en las estaciones Harinera, Mercado y Pindo y el mínimo en el Viudo. En marea baja, los mayores promedios fueron registrados en Mercado y Pindo mientras que Harinera presenta un promedio ligeramente inferior al Morro. En marea alta, tanto en el fondo como en la superficie, se conserva el predominio de Harinera, Mercado y Pindo en concentración de nitritos, siendo la última la estación con el mayor valor promedio en las tres condiciones de muestreo. No hubo variaciones muy marcadas de una estación a otra en ninguna de las condiciones de muestreo.

Los nitratos, al igual que los nitritos, predominaron en Harinera, Mercado y Pindo. Las mayores variaciones del predominio entre estaciones se presentaron en los resultados obtenidos en marea

TABLA 1: Valores promedio de parámetros Físico-químicos determinados en estaciones de la bahía interna de la Ensenada de Tumaco durante el período agosto/90 - agosto/91, en marea alta

PARAMETROS ESTACION	TRANSPARENCIA (m)	PROFUNDIDAD (m)	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (°/‰)	SOLIDOS SUSP (mg/l)		OXIGENO DISUELTO (ml/l)		DBO (ml/l)		NITRATOS (ug at/l)		NITRITOS (ug at/l)		AMONIO (ug at/l)		FOSFATO (ug at/l)		CLOROFILAS (mg/m ³)		
					SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	a
VIUDO	4.16	7.02	27.49	32.07	141.1	126.6	4.82	4.78	1.38	1.46	0.08	0.15	0.19	0.25	1.67	4.89	0.49	0.83	1.07	1.21	1.38
HARINERA	3.00	11.04	27.33	32.03	134.6	130.7	4.49	4.54	1.16	1.30	0.49	0.27	0.25	0.24	1.38	1.22	1.81	1.23	1.44	0.42	1.87
MORRO	2.97	9.54	27.37	32.18	119.2	117.5	4.61	4.64	1.35	1.19	0.03	0.25	0.21	0.20	0.41	2.11	2.44	0.75	1.27	0.27	3.28
MERCADO	2.25	6.36	27.50	31.56	126.5	150.5	4.23	4.26	1.34	1.19	0.11	0.28	0.20	0.27	5.24	1.81	2.21	1.28	2.31	0.57	4.09
PINDO	1.49	5.90	27.84	28.84	124.8	136.3	3.74	3.89	1.37	1.80	0.19	0.36	0.28		0.91	3.01	4.60	2.57	3.11	0.87	4.44

TABLA 2: Valores promedio de Parámetros Físico-químicos determinados en estaciones de la bahía interna de la Ensenada de Tumaco durante el período agosto/90 - agosto/91, en marea baja.

PARAMETROS ESTACION	TRANSPARENCIA (m)	PROFUNDIDAD (m)	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (°/‰)	SOLIDOS SUSP (mg/l)	OXIGENO DISUELTO (ml/l)	DBO (ml/l)	NITRATOS (ug at/l)	NITRITOS (ug at/l)	AMONIO (ug at/l)	FOSFATO (ug at/l)	CLOROFILAS (mg/m ³)		
												a	b	c
VIUDO	3.07	4.60	27.40	31.17	127.6	4.61	1.77	0.12	0.15	4.89	0.85	1.29	0.54	11.68
HARINERA	2.60	9.85	27.59	29.77	136.2	4.30	1.19	0.46	0.30	1.14	1.15	2.33	0.80	1.83
MORRO	2.72	8.27	27.37	30.81	108.1	4.38	1.35	0.14	0.19	3.13	0.65	1.73	0.59	1.18
MERCADO	1.89	4.96	27.60	30.26	141.6	3.82	1.65	0.30	0.34	2.11	1.35	2.25	0.70	1.15
PINDO	0.73	3.57	27.86	27.91	161.9	2.46	1.85	0.61	0.38	1.85	1.39	3.67	0.84	2.98

TABLA 3: Valores promedio de Parámetros Físico-químicos determinados en estaciones en la boca de ríos de la Ensenada de Tumaco durante el período de agosto/90-agosto/91.

PARAMETROS ESTACION	TRANSPARENCIA (m)	PROFUNDIDAD (m)	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (°/‰)	SOLIDOS SUSP (mg/l)	OXIGENO DISUELTO (ml/l)	DBO (ml/l)	NITRATOS (ug at/l)	NITRITOS (ug at/l)	AMONIO (ug at/l)	FOSFATO (ug at/l)	CLOROFILAS (mg/m ³)		
												a	b	c
CURAY	0.69	8.09	27.55	24.33	345.00	3.64	1.61	1.13	2.90	3.59	5.19	7.62	1.42	2.64
COLORADO	0.40	4.79	27.96	24.78	257.81	3.70	1.61	0.87	3.02	4.85	4.95	11.02	2.18	5.18
CHAGUI	0.49	6.39	28.16	23.20	288.31	3.78	1.80	1.14	4.19	3.63	4.61	9.96	2.26	2.77
TABLONES	0.75	5.38	28.45	22.45	222.54	3.18	1.39	2.56	7.83	4.38	2.03	9.16	1.78	3.08
MEXICANO	0.75	7.04	28.53	22.96	229.46	3.32	1.46	2.83	7.54	6.83	8.04	9.40	1.80	5.11
ROSARIO	0.64	5.54	28.37	24.89	259.96	3.60	1.57	1.75	5.71	6.30	5.61	7.65	3.81	8.20

alta superficie y en marea baja fondo, aunque se aprecia el aumento de concentración hacia el interior de la Enseada, no hubo muy grandes variaciones entre estaciones.

En general, los mayores valores de nitratos aparecen en Pindo, excepto en el caso de marea alta superficie, donde la estación Harinera muestra un promedio superior al de aquella estación. En marea alta fondo, en cambio, Harinera muestra un promedio ligeramente inferior al de Morro. El Viudo vuelve a presentar la menor concentración para todas las condiciones de muestreo.

El promedio de amonio no muestra el mismo comportamiento que las formas anteriores del Nitrógeno. Este presenta grandes variaciones especiales (de una estación a otra), en las tres condiciones de muestreo. En el fondo, tanto en marea alta como baja, El Viudo presenta el mayor promedio entre todas las estaciones. El Morro, aunque no en la misma proporción que El Viudo, está por encima de Harinera, Mercado y Pindo en marea baja. Los gráficos de fondo, tanto en marea alta como baja, presentan un comportamiento similar, diferente sólo por la proporción de los valores y porque en marea alta Pindo presenta un mayor con respecto a otras estaciones que en baja.

El promedio de fosfatos presenta sus mayores valores en marea alta superficie, con una tendencia a aumento hacia el interior de la Ensenada, excepto por la disminución del promedio en Mercado con respecto al Morro.

En el fondo, hay muy pocas variaciones de los valores registrados en cada una de las estaciones, habiendo un promedio de los valores promedio de Mercado y Pindo.

En la boca de los ríos se presentaron grandes variaciones en el promedio entre estaciones. Los nitritos presentaron su mayor valor en los ríos Mexicano, Tablones y Rosario y el menor, en Colorado.

Los nitratos presentan una tendencia a aumento de norte a sur; registrándose los mayores valores en el Río Tablones. Los ríos Mexicano y Rosario, aunque con valores menores que éste, están entre las estaciones de mayor promedio. El menor valor se presentó en el río Curay.

El promedio de amonio presentó su mayor valor en el río Mexicano seguido por los ríos Rosario y Tablones. El Colorado, aunque en menor grado

que éstos, presentó el mayor promedio entre las estaciones con valores más bajos. El menor, fue registrado en el río Chagúí.

Los fosfatos presentaron también su mayor valor en el río Mexicano seguido por el Rosario. El río Tablones presentó el menor valor con un promedio marcadamente inferior que las demás bocanás.

En general, se aprecia un marcado aumento de las concentraciones de nutrientes en los ríos en comparación con las registradas en las estaciones de la bahía interna de Tumaco.

En cuanto a los niveles de clorofila "a" en la Ensenada de Tumaco, se observaron variaciones entre 0.23 y 38.38 mg/m³. Las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones Harinera, Mercado y Pindo con valores más altos en marea baja que en alta. Esta diferencia es menos apreciable en Mercado y Pindo, que además de presentar los mayores valores, presentan promedios muy similares entre ciclos de marea.

En general, los mayores valores se registraron hacia la boca de los ríos. Los máximos, en su orden, correspondieron a Colorado, Chagúí, Tablones y Mexicano.

3.1.2. Determinaciones específicas

3.1.2.1. Variaciones diurnas de oxígeno

La tabla 4 muestra que las mayores variaciones de oxígeno se presentan en la estación Pindo, con un rango de variación entre 0.73-5.35, aunque en algunas ocasiones, especialmente después de las veintidós horas, se registran valores muy cercanos a cero.

El oxígeno también parece presentar variaciones verticales hacia el interior de la columna de agua. A pesar de no haber tendencia bien definida, en algunos períodos del día es mayor la concentración de oxígeno en el fondo que en la superficie. En el caso de Mercado, los promedios obtenidos muestran que, durante un significativo período del día, es mayor la concentración de oxígeno en el agua de fondo que en superficie.

Los promedios obtenidos en el Mercado y la Harinera señalan que la máxima concentración de oxígeno disuelto en superficie a lo largo del día, se presenta a las 16:00 horas, momento a partir del cual vuelve a haber un descenso. En

TABLA 4. Promedio de valores obtenidos en mediciones para determinar variaciones diurnas en la concentración de Oxígeno Disuelto en tres estaciones de la bahía interna de Tumaco, durante el período agosto/90 - agosto/91.

HORA	CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (ml/l)					
	HARINERA		MERCADO		PINDO	
	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO	SUPER	FONDO
06:00	4.43	4.54	3.94	3.85	3.52	3.38
08:00	4.29	4.37	4.02	3.99	3.29	3.30
10:00	4.31	4.10	3.91	3.99	3.23	3.33
12:00	4.34	4.25	4.09	4.18	3.16	2.93
14:00	4.45	4.57	4.26	4.40	3.26	3.00
16:00	4.84	4.65	4.50	4.55	3.86	4.02
18:00	4.27	4.32	4.11	4.20	3.94	3.83
20:00	4.31	4.23	4.10	3.99	3.75	4.01
22:00	3.93	3.92	3.57	3.69	2.55	3.23
24:00	3.89	3.99	3.45	3.68	2.66	2.91

muestras de fondo en la Harinera, este máximo se presenta a las 14:00 horas, permaneciendo hasta las 16:00 pero con un descenso más paulatino que en superficie.

En la estación El Pindo en superficie, la concentración de oxígeno comienza a aumentar a las 16:00 horas, alcanzando su máximo a las 18:00 horas y a las 20:00 sufre un descenso rápido hacia las 22:00, que es cuando empiezan a presentarse los valores mínimos. En el fondo, el máximo valor se presenta a las 20:00 horas y sufre un marcado descenso hacia las 22:00.

En general, los menores valores y las mayores variaciones diarias en el contenido de oxígeno disuelto en el agua se presentaron en la estación El Pindo. La estación Harinera, además de presentar los valores más altos, no presentó grandes variaciones en comparación con Mercado que, a pesar de presentar niveles relativamente altos, si las presentó y en mayor magnitud que aquella.

3.1.2.2. Dinámica de corrientes

Las figuras 2 y 3 muestran la dirección de las corrientes predominantes en la bahía interna de Tumaco durante los ciclos de marea. Las áreas circulares representan zonas "muertas", donde no hay ningún flujo significativo de agua.

En marea subiendo, el agua que ingresa a la Ensenada tiene dirección sudeste; mientras que, en vaciante, la dirección es noroeste, convergiendo todas las líneas de corriente hacia la Isla del Gallo.

El estero que recibe una mayor influencia de los ciclos mareales es el Estero Agua Clara, a donde

confluye gran parte del agua que ingresa a la bahía interna de Tumaco.

3.2. Parámetros Biológicos

3.2.1. Análisis microbiológico

3.2.1.1. Examen físico-químico de las muestras

3.2.1.1.1. Quesillo

Durante el período de muestreo las muestras de agua de esta estación se caracterizaron por ser ligeramente turbias con el color característico y presencia de pequeñas partículas filamentosas y/o macroscópicas oscuras de regular tamaño; algunas de las cuales se sedimentan y otras permanecen suspendidas. El olor es el característico, sin ninguna alteración en particular. El promedio de pH y densidad del agua fue 6.5 y 1.030 g/cc, respectivamente. La salinidad y la temperatura variaron en el rango registrado para la Ensenada. Estaciones como el Mercado y Pindo presentan un ligero olor a petróleo.

3.2.1.2. Coloración de Gram

El análisis microscópico de colonias que crecieron en Agar Nutritivo permitió detectar la presencia de bacterias identificadas de acuerdo con su capacidad de teñirse frente a la coloración de Gram.

En las estaciones, en general se registraron Streptococos Gram (+), Bacilos tipo Corinebacteria Gram (+), Diplococos (+), Cocobacilos organizados en empalizada (—), Staphylococcus (+), Spiritos (—), Cocos (—), Cocobacilos (—) organizados

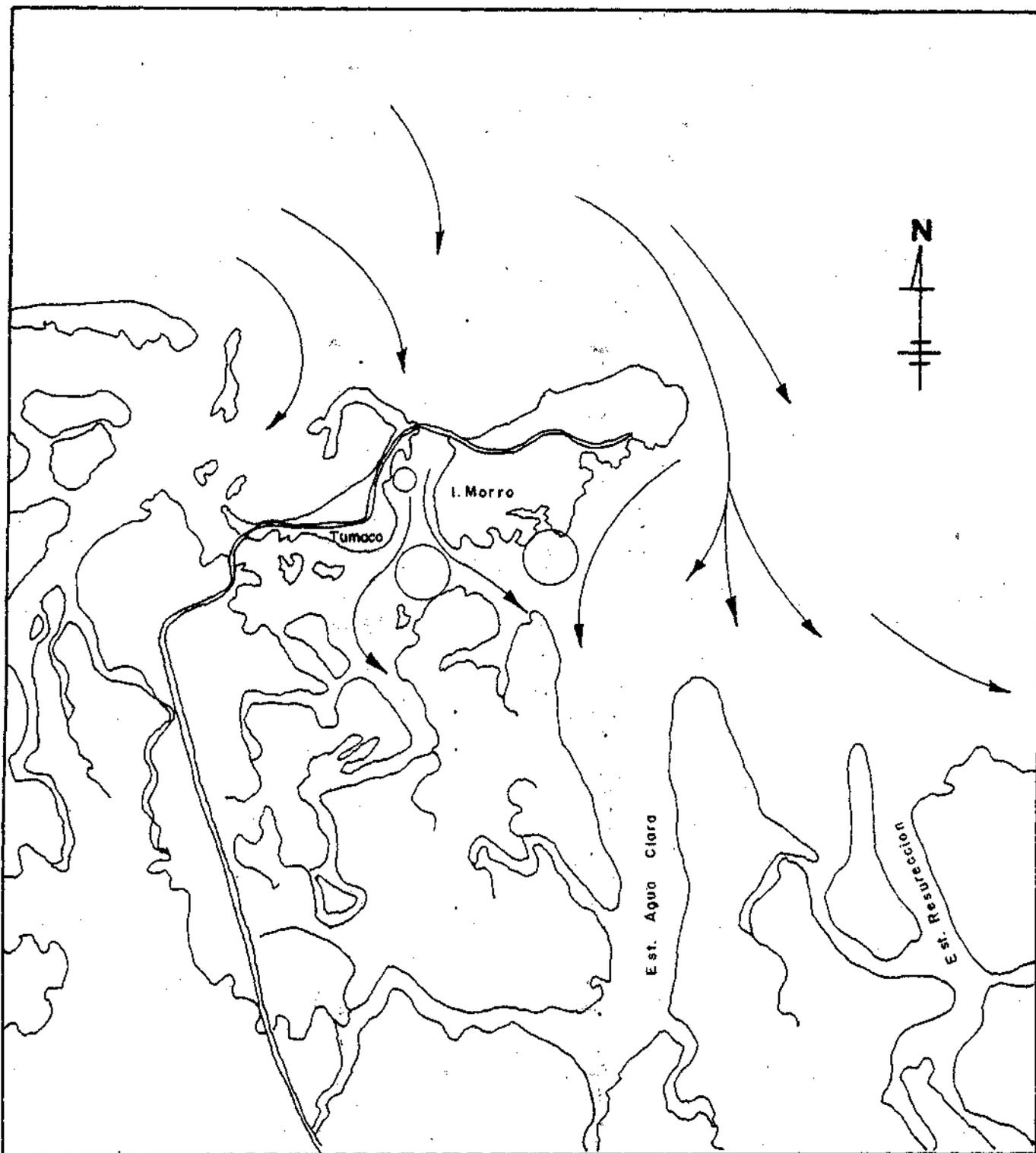


FIG. 2: Dirección de las corrientes durante el periodo marea subiendo en aguas de la Ensenada de Tumaco (CCCP 1.990).

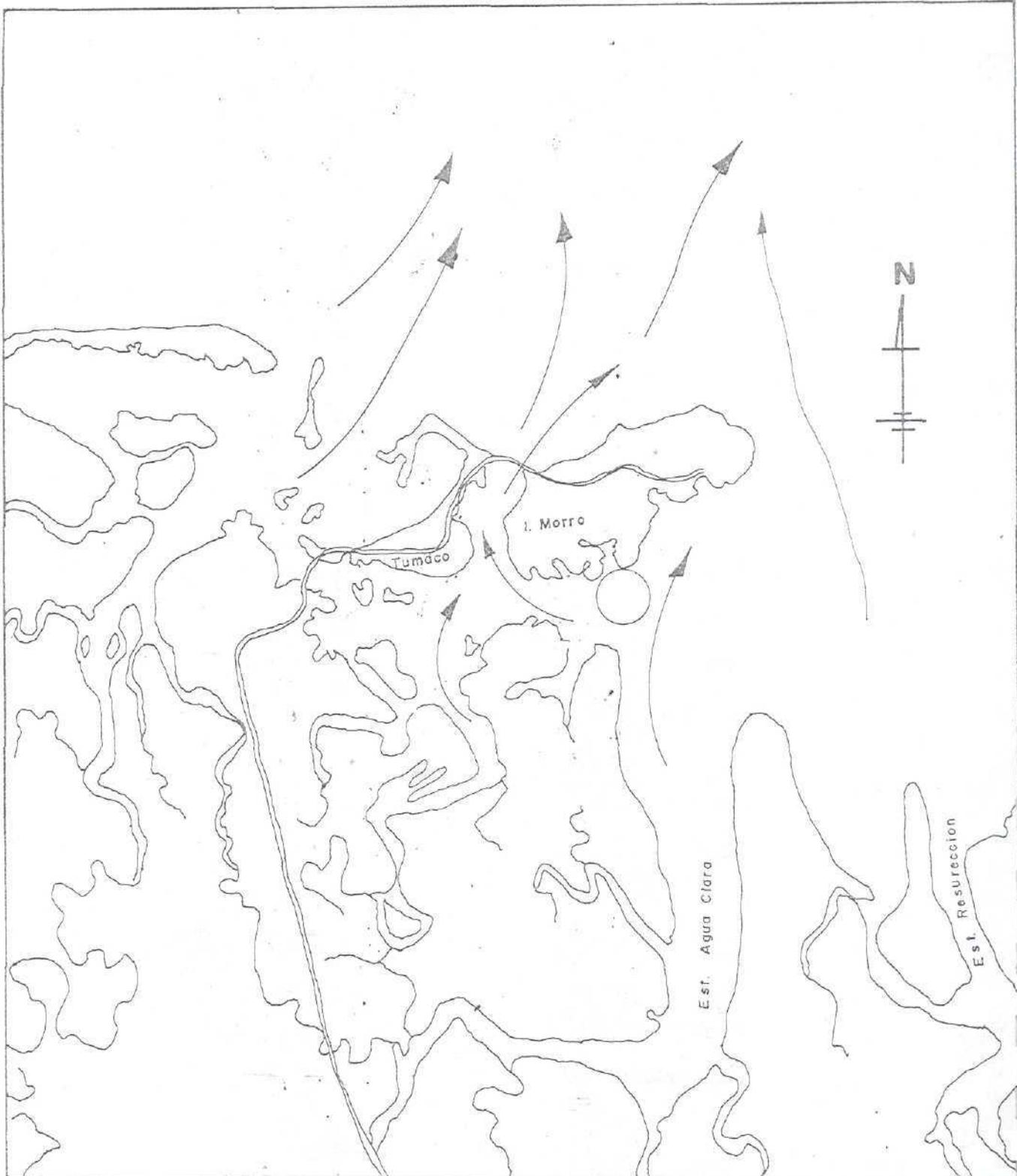


FIG- 3: Dirección de las corrientes durante el periodo Marca bajando en aguas de la Ensenada de Turnaco (CCCP 1.990).

en cadena, Bacilos (+) en empalizada, Cocos (—) organizados en tétradas.

3.2.1.3. Análisis de Coliformes totales

La tabla 5 muestra los valores de número Más Probable (NPM) de bacterias coliformes detectados durante el período de muestreo para cada estación. De acuerdo con estos resultados, la estación con mayor valor persistente de coliformes es Mercado con NPM > 1110 en todos los muestreos, a excepción de Agosto.

Bacterias *Escherichia coli* fueron detectadas durante todo el período de muestreo en todas las estaciones, pero presentaron un mayor crecimiento durante todos los meses en Mercado y Pindo; mientras que, en Quesillo y Bajito en algunos meses no se verificó su crecimiento o fue escaso.

También se detectó la presencia de *Salmonella* principalmente en Mercado, Pindó y Bajito, pero su aparición fue básicamente durante el período de mayor lluviosidad (Abril — Mayo) y su crecimiento aumentó en cultivos obtenidos a partir de muestras de las dos primeras estaciones.

3.2.2. Análisis fitoplanctónico

Las tablas 6 y 7 listan las especies de fitoplancton presentes en muestras de la bahía interna y en la boca de algunos ríos de la Ensenada de Tumaco. En ambos casos se observa el predominio de especímenes pertenecientes a géneros de la clase Bacillariophyceae (Diatomeas) y muy escasa presencia de miembros de la clase Dinophyceae.

Las especies de mayor importancia cualitativa y cuantitativamente tanto en los ríos como en la bahía interna, fueron las típicas del área del Pací-

fico sudeste en diferentes épocas del año. La dominancia de las Diatomeas fue evidente, tanto espacial como temporalmente, sólo se excluyen las muestras de los ríos correspondientes a los meses de abril y mayo, cuando hubo un marcado predominio del Dinoflagelado *Prorocentrum*.

Durante los siete meses de muestreo se registraron aproximadamente 70 géneros representados en 241.526 individuos. La distribución del fitoplancton indica que las zonas de mayor abundancia son el río Tablones (estación II), entre los estuarios y el Pindó (estación VI) dentro de la Bahía Interna de Tumaco. En la estación II el mayor número de células se registró durante el mes de marzo (21473 cél/ml), constituyendo 46.1% del total colectado en esta estación durante el período de muestreo. En Pindó este máximo corresponde al mes de junio (12761 cél/ml), constituyendo 46.3% del total muestreado en esta estación. Durante estos meses, además del aumento del número de individuos colectados aparentemente hubo un ligero incremento en la diversidad de géneros.

Hacia los meses de julio y agosto se observa una disminución del número de individuos colectados y de la diversidad del fitoplancton. Las mayores proliferaciones fueron en febrero y marzo.

Aunque hubo géneros cuya presencia fue relativamente constante durante el período de muestreo, contribuyendo al aumento de diversidad, su número no fue lo suficientemente grande como para ser consideradas predominantes en esta zona. Tal es el caso de *Pleurosigma*, *Melosira*, *Bidulphia*, *Navícula*, *Surirella* y *Ditylum* en los estuarios y *Thalassiosira*, *Tintinopsis*, *Odontella*, *Bidulphia*, *Prorocentrum* y *Ditylum* en las estaciones de la Bahía Interna de Tumaco.

TABLA 5: Valores de número más probable de bacterias coliformes detectados durante el período de muestreo.

MESES	NPM ((Cél/dl)		POR ESTACIONES	
	QUESILLO	BAJITO	MERCADO	PINDO
MARZO	23	93	1110	210
	240	460	1110	>1110
	240	93	1110	>1110
ABRIL	1110	460	>1110	>1110
	43	23	>1110	>1110
MAYO	75	93	>1110	>1110
JUNIO	43	23	>1110	460
	150	150	1110	>1110
JULIO	93	240	>1110	>1110
AGOSTO	23	23	460	>1110

TAPLA 6: Géneros de Fitoplancton identificados en muestras de la Ensenada de Tumaco durante el periodo Enero-Agosto/91

GENERO	M E S / E S T A C I O N																								
	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			
	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI	
Stephanopyxis		XX		X					X	XX					X			X			X			X	
Skeletonema	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
Thalassiosira			X	X	XX	XX	X	XX	XX	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	X	X	XX	XX	X	X	X	
Coscinodiscus	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
Corethron				XX	XX	XX	X			XX	X				X	X			XX	XX	X	X		X	
Leptocilindrus	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	X	X		XX	X	X	X	XX	X	X	X	X	
Guinarida			X	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	X	X		X	X	XX	XX			X	X	X	
Rhizosolenia	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
Bacteriastrium				XX	XX	X	X			X	X	XX			X	X		XX	X	X	XX	X	X	X	
Chaetoceros	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
Streptotheca	X																								
Ditylum	X	X			X	XX	X	XX		X	XX	XX	X			X		X	X	XX	X			X	
Triceratium		X	X	X	XX		X	X	X	X	XX	X	X	XX		X	X								
Bidulphia	XX	XX	XX	XX	XX		XX	X	X	X	X	X	XX		X	XX		X	X	X				X	
Ceratulina	XX			X	X	XX	X	XX		XX	X				X			X			X	X			
Hemidiscus	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	X	X	X	X	XX	X	XX			X	X	X	
Gemidiscus							X			X		X		X		X		X							
Fragilaria			X	X			X			X		X		X		X		X		X		X	X	X	
Thalassionema	XX	XX	XX	X	XX	X	X	XX	X	X	XX	X	XX	X	X	XX	XX	X	X	XX	XX	X	X	X	
Thalassiothrix	XX	X	XX		XX	X	X	XX	X	XX	X	XX	X	XX	X	XX	XX	XX	X	XX	XX		X	XX	X
Asterionella	X	XX	X		XX	XX		XX	X	X		X		X	X	X	XX					X	X	X	
Navicula	XX	XX	XX		XX					XX		XX		X	X	XX	X	X	X	X		X	X	X	
Pleurosigma	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX		X	XX	XX	X	X	XX	X	XX	XX	X	X	XX			X	
Diploneis			X																						
Amphora		XX	XX		X	XX	X	XX	X	X	X								X	XX		X	X	XX	
Nitzschia	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
Bacillaria	X	X								X															
Surirella			X														X	X						X	
Tintinopsis	XX	XX	X		X		XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
Xystonella	X	X	X																						
Odontella	X	XX	X	XX	XX	X	X	XX		XX	XX	X	XX	X	X	X	XX	X	X	X		X	X	X	
Entomoneis			X																						
Paralia		X	XX																						
Anabaena	X	X	X	X						X															
Rabdonella	X	X																							
Box Like				X			X			X															
Halosphaera			X																						
Mastogloia	X	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX																
Grammatophora			X																						
Tropidoneis			X																						
Prorocentrum	X	X	X	X		XX				XX		XX						X	X			X	X	X	
Amphisolenia	X	X	X	X									XX	X	XX	X		X							
Ceratium				X	X	X	X	XX		XX	XX								XX						
Peridinium							X	X																	
Peridinium			X	X	X					X	X													X	
Properidinium							X	X	X																
Eutimnus	X				X																				
Pediastrum		X																							
Frustulia				X																					
Lithodesmium							XX		X	X	XX												X		
Ornithocercus							X						XX	X	X		XX								
Dyctiocha							X	X		X	X									X				X	
Eucampia							X	X		X									XX	XX					
Actynophycus							X					XX	X	X	X	X									
Favella							X			X															
Globorotalia									X																
Lauderia										X															
Pyrocistis													X												
Terpsinoe																		X							
Melos										X															

Las estaciones IV, V y VI mostraron predominantemente la presencia de Diatomeas en los géneros *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Guinardia*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Thalassionema*, *Hemiaulus* y *Thalassiothrix*. También se encontraron algunos dinoflagelados pertenecientes a los géneros *Prorocentrum*, *Ceratium* y *Amphisolenia*.

En las estaciones I, II y III, donde es mayor el promedio de Diatomeas, se encuentran representantes de los géneros *Thalassionema*, *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Guinardia*, *Rhizosolenia*, *Thalassiosira*, *Coscinodiscus* y *Nitzschia*. Entre los dinoflagelados se encuentra *Prorocentrum* que fue el segundo género en abundancia (16504 cél./ml.) después de *Thalassionema* (16919 cél./ml.); su promedio fue más evidente en los meses de abril y mayo cuando constituyó 47.9% y 70.7% del total colectado para estos meses, respectivamente.

4. DISCUSION

Tumaco cuenta con una población aproximada de 60.000 habitantes. Es una región en la cual se ha venido verificando un vertiginoso desarrollo especialmente en las áreas de acuicultura, pesca y explotación agrícola.

En los ríos hay predominio de la explotación agrícola principalmente cultivos de Cacao y, en menor escala, frutales y explotación de Palma de Naidí (*Euterpes cuatrecas*), encontrándose en algunos sitios Cacao y Plátano. En la zona comprendida entre Mexicano-Rosario, se encuentran algunas industrias camaroneras para cuyo funcionamiento fue necesaria la tala de Mangle.

En ninguno de los cauces hay industrialización propiamente dicha; sólo en el sector de Chaguí se encuentran sitios de almacenamiento de maderas pero no existen aserrios.

El aprovechamiento de estos recursos, bien sea a nivel artesanal o industrial, genera todo tipo de desechos cuyo destino final son las aguas de la ensenada y, a través de ellas, el mar. Esto es acorde con lo señalado por Odum (1971) que los sistemas litorales (lagunas costeras, estuarios, etc.) son considerados exportadores de materia orgánica y nutrientes hacia cuerpos de agua adyacentes.

El desecho arrojado con mayor frecuencia a estos ríos es la estopa de coco, que es muy lentamente biodegradable y se deposita en el fondo disminuyendo la profundidad de los ríos, aumentando los niveles normales de nitrógeno y fósforo producto de la descomposición, trayendo como consecuencia, a largo plazo, el deterioro de la calidad de sus aguas y la consecuente disminución de la pesca debido a la ruptura de algún eslabón de la cadena trófica.

Apesar de que los antecedentes publicados sobre la Ensenada de Tumaco y sus alrededores son muy escasos, los relatos de sus vecinos parecen indicar una marcada alteración del ambiente representada en la disminución de la vida silvestre existente en ella. Puede considerarse que el principal causante de modificación del metabolismo de sus aguas es el aumento de la carga de material orgánico de origen antropogénico, con lo cual se puede haber venido reduciendo progresivamente la concentración de oxígeno disuelto.

En cuanto a las estaciones de muestreo hacia el interior de la ensenada puede considerarse que cada una de ellas presenta una influencia antropogénica diferente.

En general, la Ensenada de Tumaco puede considerarse como un sistema estuarino que mantiene constante comunicación con el océano durante todo el año, con un fuerte componente mareal, lo cual determina una alta fluctuación en su área debido a las mareas semidiurnas. A ella confluyen diferentes efluentes de residuos industriales y descargas, sin tratamiento previo, del rudimentario sistema de alcantarillado prevaleciente, además de las descargas de los ríos.

Todas estas son condiciones que pueden estar induciendo el desarrollo de un proceso de eutroficación. De acuerdo con Coelho y Fonseca (1981), los parámetros más importantes a considerar cuando se evalúa el grado de eutroficación de un cuerpo de agua son transparencia, clorofila a, variaciones diarias de oxígeno y composición de fitoplankton.

Al analizar estos parámetros relevantes para establecer una condición de calidad de agua en el sector de la Ensenada, puede apreciarse que existen sitios donde la situación parece ser más grave; tal es el caso de las estaciones Pindo, Mercado y Harinera que, en su orden, presentan los valores más alarmantes a este respecto.

Sin embargo, vale la pena aclarar que el análisis de cada uno de estos parámetros está limitado o condicionado por la dificultad que surge, para estimar la cantidad de materia y/o energía que es introducida a este cuerpo de agua, debido al efecto del flujo mareal; a los volúmenes de agua involucrados y a la actividad antropogénica misma.

La eutroficación puede definirse como un proceso de enriquecimiento en nutrientes que experimenta un sistema acuático debido a los aportes de aguas de drenaje de las tierras que conforman la cuenca correspondiente a provenientes de al atmósfera y arrastrados por las lluvias. De este modo, este es un proceso lento que se verifica y evidencia a muy largo plazo.

Otra forma no menos frecuente de aparición de este proceso es la eutroficación cultural que surge por la actividad humana. La acción del hombre al intervenir en los ciclos de nutrientes contribuye a acelerar los procesos naturales introduciendo descargas significativas de residuos orgánicos y nutrientes a los cuerpos de agua.

Una forma muy común de intervención de estos ciclos por el hombre es la contaminación orgánica, la cual se produce por el vertimiento de aguas domésticas, efluentes industriales y/o basuras a los cuerpos de agua. Una condición de contaminación orgánica se alcanza cuando los desechos arrojados al sistema sobrepasan su capacidad para reducirla a elementos nutritivos.

Aunque se encuentra estrechamente ligada con la eutroficación; son dos procesos diferentes. Esta, aunque puede ser una consecuencia directa de la contaminación orgánica, también puede ser originada por fuentes no orgánicas.

Al igual que las plantas, el fitoplancton marino requiere ciertos elementos traza para su óptimo crecimiento. Los más importantes de estos micronutrientes son el nitrógeno y el fósforo que pueden ser tomados por ellos desde el agua. Otros organismos como las Diatomeas requieren, además, suplemento de sílice.

Las principales formas inorgánicas del nitrógeno son los iones, nitritos, nitratos y amonio. Según Chester y Riley (1981) los rangos usuales de ellos son 0.1-50 ug $\text{NO}_2\text{-N/l}$; 1-500 ug $\text{NO}_3\text{-N/l}$ y 1-50 ug $\text{NH}_3\text{-N/l}$. Los valores registrados en la Ensenada de Tumaco están dentro de este rango, lo cual podría indicar la existencia de condiciones normales. Sin embargo, otras características del

agua parecen negar tal normalidad. Es probable que los niveles de nutrientes registrados se deban justamente al consumo mismo del fitoplancton en crecimiento en estas aguas.

Un hecho que vale la pena resaltar es el alto promedio registrado en aguas de fondo en El Viudo con respecto a las otras estaciones. Es probable que ésta por ser un sector por donde atraviesan las corrientes provenientes de varios sectores de la Ensenada, en vaciante, esté presentando acumulación de sedimentos ricos en materia orgánica con el consecuente proceso de descomposición y liberación de amonio. También es posible que estas concentraciones sean producto de los procesos naturales dentro del ciclo del nitrógeno, sin que ello implique una situación anómala.

El fósforo se encuentra en el mar en una gran variedad de formas disueltas y particuladas. Este estudio determinó la cantidad de fósforo expresada como fosfatos. Los mayores valores presentados en el Pindo, Mercado y ríos pueden explicarse por la descarga de desechos que contienen detergentes ricos en fosfatos o introducidos por escorrentía desde sectores agrícolas donde se aplican altas cantidades de fertilizantes.

En comparación con la concentración de cada una de las formas de nitrógeno registradas en este estudio, los fosfatos presentaron niveles relativamente más altos; aunque el nitrógeno, considerado como la suma de nitritos, nitratos y amonio, superó la concentración de fósforo.

Chester y Riley (1981) señalan al fósforo como la principal causa de eutroficación porque altas concentraciones de este elemento conducen a una rápida proliferación del fitoplancton y, de hecho, las estaciones con mayor potencial eutrófico en la Ensenada de Tumaco presentan, entre otros, significativos niveles de fosfatos.

El aumento de la fertilidad de las aguas conduce a un crecimiento acelerado del fitoplancton a expensas del contenido de estos elementos nutrientes. El aumento del fitoplancton se traduce en un aumento de la actividad fotosintética y de los niveles de oxígeno durante el día. Con el aumento del fitoplancton se dispara un crecimiento del zooplancton el cual, a su vez, contribuye a aumentar la demanda de oxígeno del sistema.

Estos factores están asociados con las variaciones de oxígeno disuelto que se presentan, aumentando su contenido durante las horas de radiación solar

debido a la actividad fotosintética y disminuyendo en la noche cuando no hay suficiente producción de oxígeno para sostener la comunidad. Las variaciones de oxígeno en la Ensenada, presentadas en la tabla 4, muestran el efecto más evidentemente en la estación Pindo donde se observan las mayores variaciones a lo largo del día.

Estas disminuciones de los niveles de oxígeno son la causa de la mortalidad de gran número de alevinos observada en la estación Pindo. El boqueo hacia la superficie, los rápidos movimientos operculares y el desplazamiento con movimientos descoordinados son claros síntomas de anoxia en estos organismos.

Se detectaron variaciones verticales en el contenido de oxígeno; es probable que los valores mayores registrados en el fondo no obedezcan a una situación real sino a un posible error de toma de muestras.

Otra manifestación de las alteraciones de la calidad del agua es la representada por los problemas estéticos reflejados en cambios en el olor, color y transparencia del agua. El Pindo presenta el olor característico de las áreas donde hay liberación de ácido sulfídrico (H_2S) y metano. Esto sugiere una fuerte acumulación de materia orgánica en los sedimentos, lo cual ocasiona una descomposición anaeróbica cuyo producto final es H_2S y NH_3 . Este proceso contribuye a, disminuir los niveles de oxígeno, restando de este modo la posibilidad de desarrollo de diversas formas de vida acuática; además de que el ácido sulfídrico es un compuesto con gran capacidad para formar complejos organometálicos, razón por la cual al encontrarse en la atmósfera o ser respirado continuamente, puede producir daños a la salud humana, ocasionar deterioro de pinturas y corrosión de metales (Rudolph y Ahumada, 1987).

Adicionalmente, estos olores restan cualquier atractivo al área y disminuyen la posibilidad de arovechamiento comercial o turístico.

En el caso de la transparencia, Pindo, Mercado y la boca de los ríos presentan los valores más preocupantes, encontrándose que apenas si sobrepasa 2m o es inferior a este valor. Esta disminución de la transparencia muy probablemente es debida al aumento de células de fitoplancton. Esto, de acuerdo con Coelho y Fonseca (1981), puede considerarse como un indicio de desarrollo de un proceso eutrófico estas zonas.

Los fenómenos de eutroficación al modificar las características físico-químicas del agua, alteran la composición del componente biótico del sistema. El aumento de la fertilidad de las aguas va asociado con variaciones de la composición del fitoplancton. Esto depende de la capacidad de respuesta de algunos grupos a los cambios ocurridos en las características generales de su hábitat. Así, pues, bajo una condición de eutroficación muy probablemente haya unas condiciones que favorecen el numeroso crecimiento de algunas especies en detrimento, de otras, creándose un "desequilibrio" en la abundancia y diversidad de la comunidad constituyente.

La descripción y cuantificación de los grupos del fitoplancton permitió la identificación de algunos géneros indicadores de diferentes características en el agua. Así, la presencia de *Skeletonema*, *Guinardia*, *Thalassionema*, *Sacteriasirum*, *Rhizosolenia*, *Leptocilindrus*, *Ditylum*, *Stephanopyxis* y *Diploneis* confirma el carácter nerítico o litoral de las aguas de la ensenada, indicando fuerte influencia de aportes de agua continental.

La identificación de *Coscinodiscus* es evidencia de aguas ricas en nutrientes. Adicionalmente, se identificaron algunos diñoflagelados como *Prorocentrum*, *Ceratium* y *Amphisolenia*, indicadores de influencia de aguas oceánicas cálidas al interior de la ensenada.

El grupo predominante fueron las Diatomeas y entre ellos el género *Chaetocero* que en la bahía interna constituyó un 55%; del total de células registrado durante el período de muestreo. Este predominio de *Chaetoceros* podría ser indicio de una condición de contaminación que favorece su desarrollo con respecto a las demás especies, permitiendo la manifestación de su capacidad para formar cadenas de alto número de individuos. Este aparente desequilibrio podría considerarse como un síntoma de potencial eutroficación en estas aguas.

En cuanto a la distribución vertical, se observó que el mayor «número de organismos, en todos los casos, se obtuvo en muestras tomadas a 3m, lo cual podría indicar que éste es un nivel óptimo de producción en estas aguas, probablemente debido a que no recibe radicación tan directa como sí ocurre en el nivel de 0m.

Las estaciones con mayor número de células fitoplanctónicas son también las que presentan mayor concentración de nutrientes y de clorofila.

Las clorofilas son sustancias de color verde que se producen tanto en la oscuridad como en presencia de la luz (predominantemente en la luz), pero pueden ser destruidas por ésta a través de un proceso de fotooxidación, cuando se expone a muy altas intensidades. Son solubles en solventes como éteres, cetonas y cloroformo y especialmente en solventes polares con un poco de agua, dando soluciones fluorescentes. Su acumulación es variable de una especie a otra y depende de la edad, salud e iluminación, disminuyendo en medios deficientes en fósforo, nitrógeno, magnesio y hierro.

Se han aislado cinco tipos de clorofila de las cuales la más importante es la "a" que se considera el pigmento fotosintético fundamental. En este estudio se realizaron determinaciones de clorofila, encontrándose que ésta y la "c" son las más significativas. Esta significancia está justificada por el hecho de que estos son los pigmentos más característicos de las diatomeas que resultaron ser el grupo predominante en las aguas de la ensenada.

Los niveles de clorofila "a" en la Ensenada de Tumaco varían entre 0.23 y 38.37 mg/m³, registrándose los mayores valores hacia la boca de los ríos y las estaciones Mercado y Pindo. En algunos cuerpos de agua del mundo, éstos podrían ser valores considerados, indeseables; pero, en el caso específico de la Ensenada, éstos no han sido constantes a lo largo del período de muestreo.

El progresivo avance de estas condiciones de contaminación y enriquecimiento convierten al agua en un caldo nutritivo donde crece un sinnúmero de bacterias, algunas de las cuales son patógenas al hombre.

Uno de los grupos importantes de estas bacterias es el constituido por la familia Enterobacteriácea que se encuentra en el tubo digestivo. Los miembros de esta familia son bacilos gramnegativos que se desarrollan bien en medios artificiales. Todas las especies de este grupo forman ácido o ácidos y gas a partir de la glucosa. En el presente estudio esto es demostrado por el viraje en la coloración registrado en el Medio de cultivo SS donde se desarrollan colonias de *Shigella* y *Salmonella*.

La tinción de Gram tiene una amplia aplicación en la caracterización de las bacterias. La identificación de algunas bacterias como grampositivas no es muy segura, debido a que normalmente los organismos grampositivos muestran variación en la respuesta, mostrando ser gramvariables.

Aparte de la tinción, las bacterias grampositivas difieren de las gramnegativas por su susceptibilidad a la penicilina y la capacidad de desintegración por métodos mecánicos o por exposición a algunas enzimas.

Con respecto a los resultados mostrados por su aplicación en el presente estudio, es importante tener en cuenta el riesgo considerado por la presunta presencia de grupos patógenos como algunas formas de *Corynebacteria*, *Spirillum* y *Streptococos* que producen enfermedades que tratadas a tiempo pueden controlarse o en caso contrario, acarrear la muerte.

Los valores NPM obtenidos para el Mercado y Pindo están por encima del rango establecido por MINSALUD (1984) para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario (1000 microorg./dl).

El aislamiento de los géneros *Scherichia*, *Salmonella* y *Shigella*, miembros de la familia Enterobacteriácea y el NPM, que supera el índice de coliformes totales permisibles, parecen indicar que hay contaminación fecal, por lo menos en algunos sectores de la ensenada.

El Mercado y El Pindó serían fuente de infección y, en caso de sus aguas ser ingeridas, producirán enfermedades principalmente de tipo gastrointestinal.

Un factor muy importante dentro del análisis de cualquier problema de contaminación es el estudio de la dinámica de las aguas de estudio; pues, es el movimiento de éstas lo que va a determinar la presencia y/o distribución espacio-temporal de cualquier alteración dentro de ese cuerpo de agua.

El análisis de los diferentes parámetros permite establecer que la energía mareal produce dos patrones de distribución superficial con concentraciones diferentes, detectando los mayores valores durante la marea baja. Esto sugiere que el período de alta marea, que arrastra aguas provenientes del océano, mejora la calidad del agua de la Ensenada y muy probablemente, es el motivo por el cual el estado eutrófico no se ha vuelto más generalizado.

6. CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos se puede pensar que, si bien, Tumaco no está atravesando por un proceso de eutroficación propiamente

dicho, presenta todas las características que la convierten en una zona donde, de no tomarse las medidas sanitarias necesarias (construcción de una red de alcantarillado, adecuación de acueducto y destinación de un sitio para almacenamiento y procesamiento de basuras), muy pronto se estaría verificando un acelerado estado Eutrófico consecuencia de los vertimientos domésticos e industriales sumados al material transportado por los ríos.

En general, los rangos encontrados para la mayoría de los parámetros medidos podrían considerarse indeseables en algunos cuerpos de agua del mundo; pero, en el caso de Tumaco, estos ríos han sido valores constantes espacio-temporalmente, excepto para la estación Pindó, lo cual muestra que la dinámica de las aguas del sector permite un intercambio y renovación de masas de agua.

De todas las estaciones estudiadas, la que presenta el estado más alarmante es Pindo, ofreciendo graves problemas a la comunidad que habita en su entorno tales como: (i) sanitarios, debido al desprendimiento de gases tóxicos como el H_2S y por funcionar como depósito de desechos domésticos e industriales, constituyéndose en foco permanente de insectos y microorganismos, vectores de enfermedades e infecciones patógenas, (ii) Estéticos, por su aspecto pantanoso de aguas turbias y malolientes, especialmente en marea baja, no presenta mayores atractivos que permitan su aprovechamiento comercial y/o turístico; además, su comunicación con el resto de la ensenada determina que su evolución tenga efectos progresivos sobre este cuerpo de agua.

7. RECOMENDACIONES

La restauración de cuerpos de agua es difícil, aún si se remueven todos los excesos de nutrientes, la recirculación interna puede mantener altos ni-

veles de productividad. Además, los métodos propuestos para tal restauración, lejos de ser muy efectivos, son muy costosos; por tal razón, resulta mucho más conveniente la prevención de cualquier proceso que altere su calidad.

La falta de una política de manejo Costero ha producido daños considerables en el ambiente físico, en la vida silvestre y en la calidad de vida de los habitantes de la región. Por tal razón, se recomienda a las autoridades competentes tomar acciones tendientes a evitar el desarrollo de este proceso, en la Ensenada, tales como construcción de una red de alcantarillado, adecuación del acueducto y destinación de un sitio para almacenamiento y procesamiento de basuras; evitando así que el destino final de ellas sea el mar, minimizando el riesgo de contraer enfermedades infecciosas en la comunidad y evitando la disminución de la capacidad productiva de sus aguas.

Adicionalmente, se requiere la adopción de medidas para el control de vertimiento de desechos inorgánicos u orgánicos y preservación del medio marino, por lo que se recomienda iniciar mecanismos de vigilancia para la eficiente aplicación y cumplimiento de las legislaciones y reglamentaciones que, a este respecto, existen para nuestras costas.

La biología, química y dinámica física de los ecosistemas costeros es muy variable. Los problemas de autroficación, sus procesos y síntomas, en algunas ocasiones, sólo se verifican a largo plazo. Por tal razón es importante continuar llevando a cabo estudios que permitan conocer las variaciones sufridas por las aguas de la Ensenada y en otros ecosistemas costeros de la Costa Pacífica Colombiana para determinar la presencia y efectos de la contaminación por nutrientes en estos ambientes, recopilando un número de datos que permita llegar a conclusiones más seguras sobre el estado eutrófico de estas aguas.

Bibliografía

- CASTAGNINO, W.A. 1982. Investigación de modelos simplificados de eutroficación en lagos tropicales. OPS/CEPIS. 27 pp.
- CIOH. 1982. Manual de técnicas para análisis de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos. Man. Tec. Anal. (1): 108 pp.
- COELHO, V.M. y M.R. da Fonseca. 1981. Problemas de eutroficação no estado de Río de Janeiro. Cadernos FEEMA. Ser. Congressos 3: 5 pp.
- GESAMP. 1982. The review of the health of the oceans. Rep. Stud. GESAMP 15: 108 pp.
- GESAMP. 1988. Nutrients and autrophication in the marines environment. IOC/UNESCO. 40 pp.
- KELLY, M. y M. Naguib. 1991. Eutrophication in coastal marine areas and Lagoons: A case study of "Lac de Tunis". *UNESCO Reports in Marine Science* (29): 54 pp.
- LOPEZ, D., T. HERRERA y F. ROTONDO. 1984. El proceso de adsorción en relación a la eutroficación por fósforo en un estuario tropical (sistema de Maracaibo). *Acta Científica Venezolana* 35: 278-284.
- MARTINO, P. 1989. Curso básico sobre eutroficación. 12 pp.
- ODUM, E.P. 1971. Ecología de estuario. 388-440. En *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana. 639 pp.
- PUENTE, J. 1988. Contaminación orgánica y eutroficación en el Caribe. Unidad de investigación y Gestión Ambiental. INDERENA Regional Bolívar 40 pp.
- RILEY, J. P. y R. CHESTER. 1981. Introduction to marine chemistry. Capítulo 7. Academic Press, Londres. Pág. 153-181.
- RODIER, J. 1981. Análisis de las aguas. Aguas naturales, Aguas residuales, Agua de mar. Ediciones Omega S.A. Barcelona. Pág. 568-570.
- RUDOLPH, A. y R. AHUMADA. 1987. Intercambio de nutrientes entre una marisma con una fuerte carga de contaminantes orgánicos y las aguas adyacentes. *Bol. Soc. Biol. Concepción*. Chile. Tomo 58: 151-169.
- SALAS, H. J. y P. MARTINO. 1988. Desarrollo de metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales/CEPIS/ICA/OMS/OPS. 28 pp.
- SCHINDLER, D. W., F. A. AMSTRONG, S. K. HOLMGREN y G. J. BRUNSKILL. 1971. Eutrophication of Lake 227, experimental Lakes area, Northwestern Ontario By addition of phosphate and nitrate. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 28 (11): 1763-1782.
- SCHINDLER, D.W. y G.W. COMITA. 1972. The dependence of primary production upon physical and chemical factors in a small senescing lake, including the effects of complete winter oxygen depletion. *Arch. Hydrobiol.* 69 (4): 413-451.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1977. Il problema dell'eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna. Situazione e prospettive. Rapporto Finale delle ricerche condotte nel 1977. 181 pp.