

# EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN EL PACIFICO COLOMBIANO

1. Luis A. Calero H, 2. Robinson F. Casanova R.

## RESUMEN

Este trabajo se realizó con base en la información ambiental obtenida por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) entre 1986 -1995 y por otras entidades que han realizado estudios en el Litoral Pacífico Colombiano. Se evaluó la calidad del agua con base en parámetros fisicoquímicos y niveles de sustancias contaminantes peligrosas, tales como: hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y metales pesados con el propósito de aportar algunos fundamentos a las autoridades locales y regionales, que permitan aplicar la legislación y normatividad de carácter ambiental, con un soporte científico en áreas donde la contaminación marina se torna crítica. Las descargas de sustancias contaminantes provenientes de las actividades antropogénicas al medio marino es uno de los problemas más graves de las poblaciones costeras colombianas, destacándose los vertimientos de aguas residuales que se realizan sin ningún tipo de tratamiento, tanto directamente de las casas ubicadas en zonas de bajamar como a través de canales, esteros y drenajes urbanos; generando un impacto sobre las aguas estuarinas y convirtiendo los ecosistemas adyacentes a estos puntos en áreas con alta contaminación. En los procesos industriales que se desarrollan en los Municipios de la Costa Pacífica Colombiana los desechos generados son de tipo orgánico, principalmente. Existen algunos sectores críticos dentro de los que sobresalen: Puente El Pindó, en el Municipio de Tumaco ; el sector del Muelle Petrolero, Playa Basura, La Pagoda y Estero San Antonio en el Municipio de Buenaventura.

## INTRODUCCIÓN

La Costa Pacífica Colombiana cuenta con dos polos importantes de desarrollo, los puertos de Buenaventura y Tumaco con 201.349 y 108.481 habitantes (IGAC, 1993), respectivamente donde actualmente se presentan distribuciones espaciales desorganizadas de vida y trabajo, generando desequilibrio social, ambiental y condiciones de riesgo para la población, por su ubicación e inexistencia de servicios de primera necesidad.

Las características de la Costa Pacífica Colombiana permiten dividirla desde el punto de vista geológico en dos partes bien definidas: - al norte presenta una costa rocosa con una proyección al mar de una plataforma continental estrecha y al sur la costa es baja cubierta de manglares con presencia de ríos caudalosos de curso corto y una plataforma ancha.

En el Litoral Pacífico Colombiano se presentan alteraciones de la calidad del agua marina, debido a que la mayoría de las descargas de origen doméstico e industrial son vertidas sin ningún tipo de tratamiento previo, constituyéndose en una amenaza directa para los ecosistemas marinos y la salud de la población.

El presente estudio permite servir de orientación a Programas de planificación y desarrollo municipales, integrando activamente a la comunidad en el aprovechamiento y preservación de los recursos marinos; cumpliendo así la Dirección General Marítima (DIMAR) con algunas de sus tareas trascendentales, como la estipulada en el numeral 14 del Artículo 3° del Decreto 2324 de 1984.

Las enfermedades más frecuentes están asociadas con las infecciones intestinales y afeciones respiratorias, originadas por las deficientes condiciones sanitarias y la baja co-

bertura de servicios de salud.

Finalmente es importante resaltar que esta información es válida como fundamento técnico de referencia para los municipios estudiados.

## ÁREA DE ESTUDIO

Esta comprende cuatro municipios de los Departamentos de Nariño, Cauca, Valle y Chocó que se extienden a lo largo del Litoral Pacífico Colombiano (Fig. 1), los cuales son:

**Municipio de Tumaco.** Localizado en el extremo sur, limítrofe con la República del Ecuador, Está comprendido entre las posiciones 01°45'00" - 02°00'00" de latitud norte y 78°30'00" - 78°45'00" de longitud oeste. Tiene 350 Km<sup>2</sup> de área, aproximadamente; recibe aguas residuales de su población y aguas de varios ríos que aportan residuos de sustancias y una gran cantidad de material en suspensión que alteran los parámetros de calidad del agua,

**Municipio de Guapi.** Está comprendido entre las posiciones 02°40'00" - 02°45'00" N y longitud 77°50'00" - 78°00'00" W. La pesca artesanal constituye uno de los renglones más importantes de subsistencia para un gran porcentaje de la población; tiene 22.829 habitantes (censo de 1993). El municipio de Guapi está bañado por los ríos Guapi, Napí, Guajui, Quiroga y Limones; además de pequeñas quebradas que desembocan sobre estos ríos.

**Municipio de Buenaventura.** Tiene un área de 5970 km<sup>2</sup>, es el principal puerto del Pacífico colombiano, con una profundidad media de 10 m; para el año 2015, período en el cual está diseñado un Plan Maestro de alcantarillado, su población será de 439.073 habitantes, con una densidad poblacional de 221.1 Hab/ha (Escobar, 1995).

**Municipio de Bahía Solano.** Está comprendida entre las posiciones 06°14'00" - 06°16'00" de latitud norte y 77°24'00" - 77°26'00" de longitud W. Contiene el puerto más profundo del Pacífico Colombiano. Está bordeado por playas arenosas extensas, entre las que se destaca las del Valle y Bahía solano.

La Costa Pacífica Colombiana tiene una extensión de 1392 Km, aproximadamente. La población estimada para el Litoral es de 817.000 habitantes, distribuida en 32 municipios. El 73.5 % se encuentra en centros urbanos, concentrada principalmente en Buenaventura (30%) y Tumaco (14%). La tasa de crecimiento se ha estimado en 1.83% ; equivalente a un 2% por encima del promedio Nacional que es de 1.8%.

## METODOLOGÍA

Con la información obtenida por el CCCP en un lapso de diez años para las diferentes áreas de estudio, se creó una Base de Datos correspondiente a parámetros fisicoquímicos y sustancias contaminantes, tales como: hidrocarburos aromáticos detectados en aguas, sedimentos y organismos marinos (*Anadara tuberculosa*, *Striostrea prismática* y *Sacostrea pafmula*) en las principales poblaciones de la Costa Pacífica Colombiana ; plaguicidas organoclorados detectados en organismos (*Anadara tuberculosa*, *Striostrea prismática* y *Sacostrea palmuia*) y sedimentos en varias estaciones ubicadas en Tumaco, Satinga, Guapi y Buenaventura y niveles de algunos metales pesados analizados en la Ensenada de Tumaco y Buenaventura.

Esta información fue sometida a una depuración a través del programa estadístico STAT-GRAPHICS y finalmente se realizó una evaluación de la contaminación marina en el Pacífico Colombiano, para dar una explicación a las causas que originan condiciones

desfavorables para los ecosistemas y al mismo tiempo dar algunas pautas a seguir para minimizar y en lo posible eliminar los factores que las originan y así pretender alcanzar la "normalidad" deseada. (Fig. 1)

## RESULTADOS

### COSTA PACÍFICA COLOMBIANA

#### Contaminantes

#### **Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT).**

Los hidrocarburos aromáticos de naturaleza hidrófoba, constituyen la fracción más tóxica del petróleo y sus derivados. Su persistencia en el ambiente está directamente relacionada con su complejidad o peso molecular.

Al observar su comportamiento de los niveles promedios anuales obtenidos en los puntos de muestreo para los diferentes municipios (Tumaco, Guapi, Buenaventura y Bahía Solano), se encontró que estos niveles aumentan progresivamente en el orden de: aguas (0.26 ug/l) ; sedimentos con 1.10 ug/g y organismos con 7.45 ug/g. Obteniéndose como una constante de interrelación de 4.2 y 28.7 entre las concentraciones detectadas en sedimentos [sed] y organismos [org] ante la concentración promedio detectada en agua [H<sub>2</sub>O], ó sea: [sed]/ [H<sub>2</sub>O] = 4.2 y [org]/ [H<sub>2</sub>O] = 28.7. Esto indica un reflejo del alto riesgo a que están expuestos los organismos, por cada unidad de concentración detectada en el agua.

En la figura 2, se observa, que entre el período comprendido entre 1988 y 1991, para las cuatro zonas del Pacífico Colombiano las concentraciones medias de HAT en sedimentos, prácticamente permanecen constantes

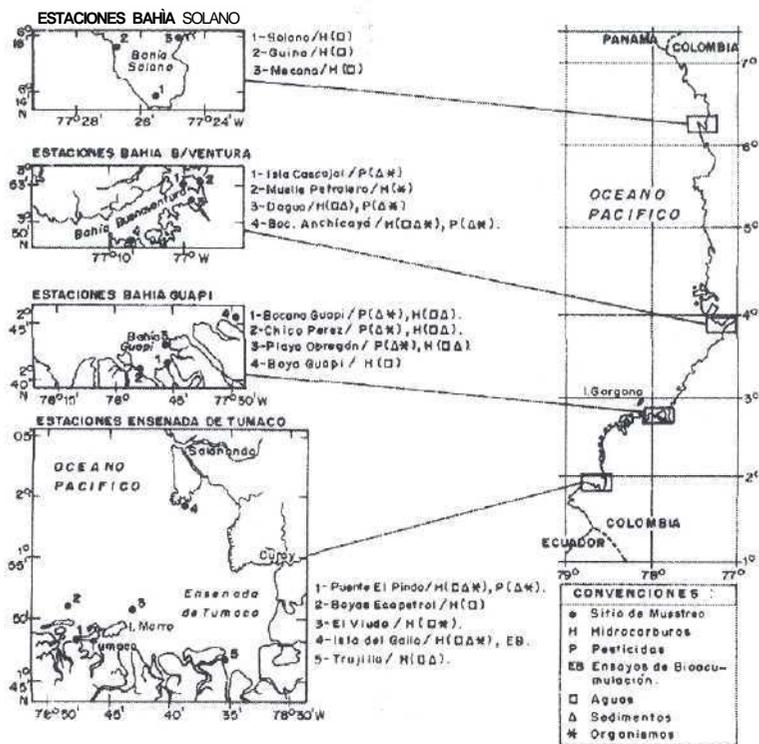
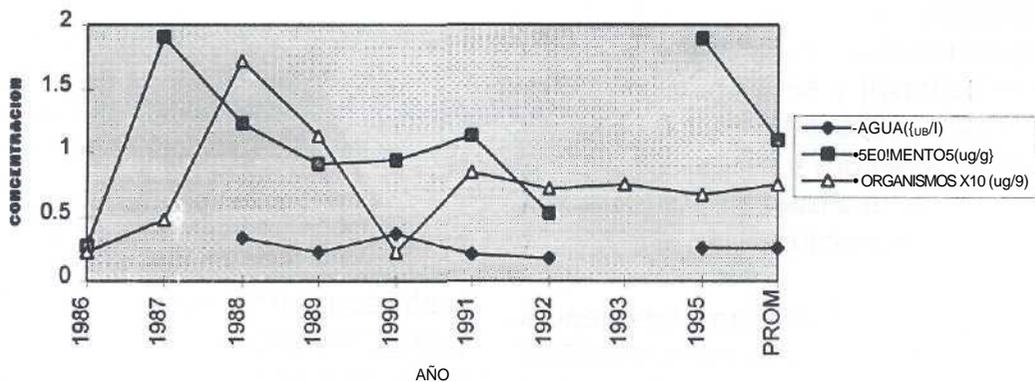


Fig. 1

RG. 2 CONCENTRACION PROMEDIA ANUAL DE HAT EN EL PACÍFICO COLOMBIANO



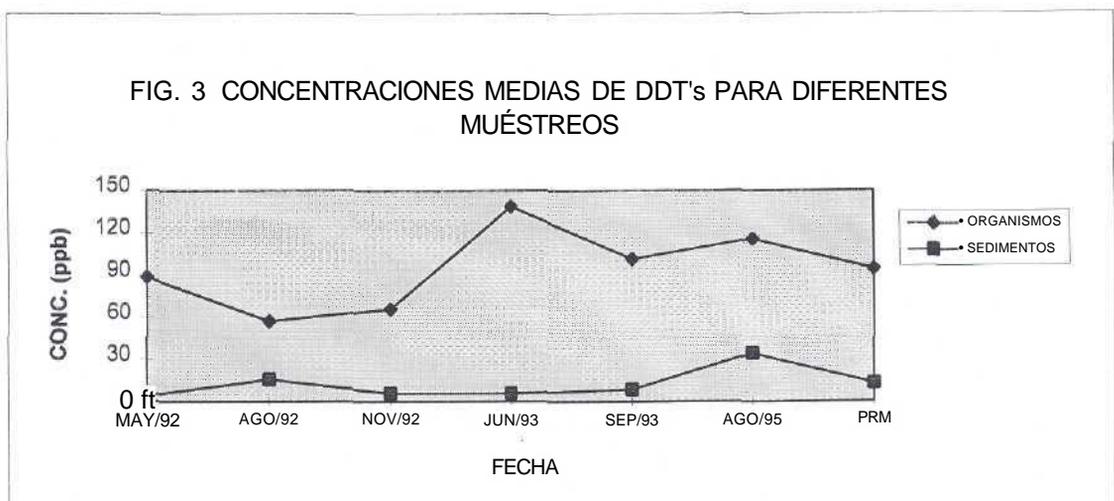
En la Fig. 2 se debe tener en cuenta que los valores de los **HAT** en organismos son muy altos en comparación con los obtenidos para sedimentos y aguas, debido a que estos deben ser multiplicados por un factor de 10 para obtener la concentración real.

Este grado permanente de contaminación puede generar un deterioro de los ecosistemas marinos y la calidad del agua, especialmente en la Bahía de Buenaventura y la Ensenada de Tumaco donde las actividades marítimas se desarrollan con mayor intensidad. También se tiene que las combustiones incompletas son una fuente de hidrocarburos aromáticos, entre otras.

Plaguicidas organoclorados. Su análisis se dirigió al p,p'-diclorobifeniltricloroetano (p,p'-DDT) y sus metabolitos tales como: el p,p'-diclorodifenildicloroetano (p,p'-DDD) y el p,p'-diclorobifenildicloroetileno (p,p'-DDE); la suma de los niveles de estos tres compuestos se expresan como DDT's.

El DDT, compuesto que ha causado una de las más grandes polémicas a nivel mundial, por su alta persistencia en el medio, causando efectos perjudiciales a sistemas de vida a los cuales no estuvo destinado. En Colombia su uso fue prohibido en 1974; a pesar de esto, se encontraron residuos de tales compuestos, tanto en muestras de sedimentos como de organismos marinos, obteniéndose un valor promedio de 12.42 ng/g y 94.53 ng/g, respectivamente.

De forma similar que los HAT, se determinó la constante de interrelación de las concentraciones de pesticidas detectados en organismos con las de sedimentos ó sea [org]/[sed], resultando un valor de 7.61, siendo comparable a la obtenida para los hidrocarburos la cual fue de 6.77 ( $[7.45/1.10] = 6.77$ ). Por lo tanto, nuevamente se puede corroborar la capacidad que tienen los organismos de asimilar estos compuestos, absorbiéndolos desde el sedimento que les sirve como sustrato.



En la fig. 3 se observa que el comportamiento de los niveles DDT's en organismos presenta una alta heterogeneidad en los resultados promedios, obtenidos a través de seis monitoreos ; esto puede ser debido a que los niveles de esta clase de sustancias están asociados con una serie de características físicas de estos organismos, tales como: contenido lipídico, edad, tamaño, sexo, estado de madurez sexual, etc; mientras que los niveles encontrados en sedimentos son más estables.

Durante el análisis de esta clase de sustancias también se detectó la presencia de residuos de otros organoclorados, tales como: aldrín, endrín, dieldrín, lindano, hexacloruro de benceno (HCB), heptacloro, metóxicloro y endosulfan sulfato ; pero sus niveles fueron relativamente bajos en comparación con los DDT's y además tanto en organismos como en sedimentos se encontraron con baja frecuencia ; impidiendo hacer un verdadero análisis durante los diferentes muestreos.

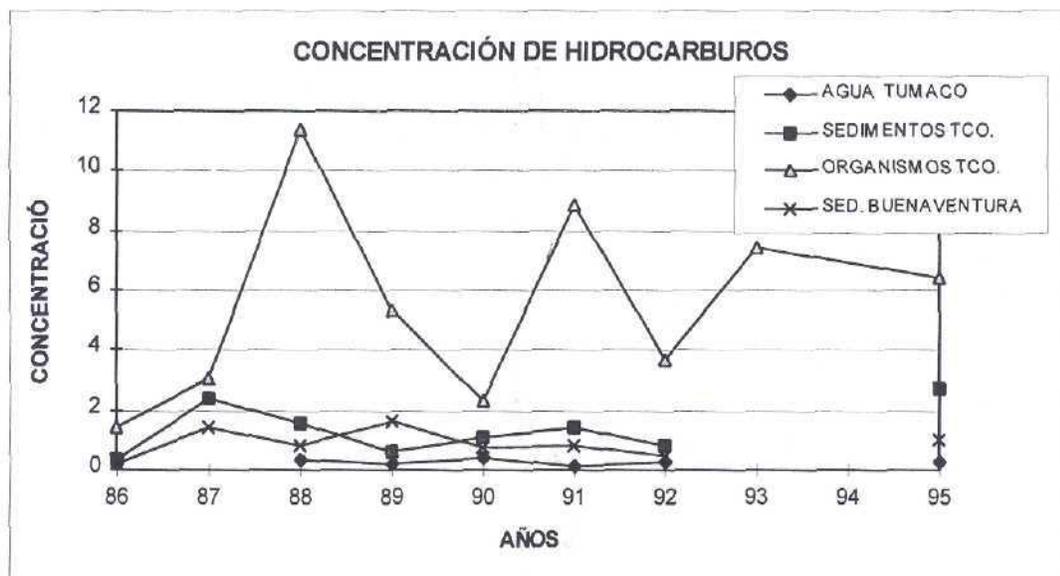
## TtMACO

**Residuos Sólidos.** Los desechos sólidos provenientes de 17 aserríos del casco urbano de Tumaco han acumulado a través del tiempo un volumen de aserrín equivalente a 339.297,94 m<sup>3</sup> (Capitanía de Puerto de Tumaco).

Según un estudio de la Fundación San Francisco se encontró que de un 57.840 Kg/día de desechos que genera el casco urbano de Tumaco, 30.457 Kg/día van al mar y de estos 26.947 Kg/día son orgánicos y 3.510 Kg/día inorgánicos.

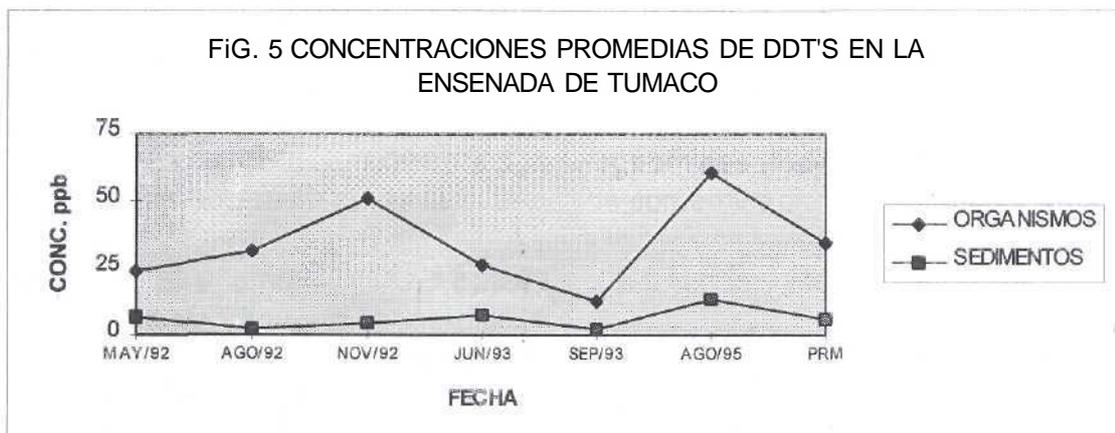
**Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT).** Al efectuar una comparación del comportamiento de los niveles de HAT monitoreados por el CCCP en la Ensenada de Tumaco desde 1986 (fig. 4) hasta 1995 en cuatro estaciones que presentaron un mayor número de registros (Pindó, El Viudo, Isla del Gallo y Trujillo) se encontró un promedio de 0.27 ug/l para aguas, en sedimentos de 1.39 ug/g y para organismos de 5.22 ug/g.

Figura 4. Hidrocarburos aromáticos totales.



Los niveles en sedimentos oscilaron entre 0.01 ug/g (El Viudo) y 6.39 ug/g (El Pindó). La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 1990) ha definido el valor de 3,9 ug/g como "alta concentración" para sedimentos, incluyendo solamente 18 compuestos catalogados como los más tóxicos.

Plaguicidas. De forma similar que los niveles de hidrocarburos, presentaron relación análoga, en el sentido de que las concentraciones encontradas en organismos fueron mayores a las obtenidas en sedimentos (fig. 5).



Los niveles mas altos detectados en sedimentos para los metabolitos del DDT, fueron para el p,p'-DDE, lo que indica que este tipo de residuos (p,p'»DDT) lleva varios años en el medio. Los valores para los DDT's en sedimentos de las diferentes estaciones a través de los diferentes muestreos oscilaron entre 6.36 ppb hasta 60.86 ; donde escasos valores superaron el valor de 40 ppb definido por la NS&T, como "alta concentración para sedimentos.

**Metales Pesados.** El siguiente análisis resumido esta basado en la información extractada de los estudios adelantados por **Ingeominas** durante 1992 y 1993 ; como los resultados obtenidos por Cortés (1997); de la Universidad del valle.

**Cadmio.** Según Ingeominas sus niveles en aguas fueron inferiores a 10 ppb, correspondiente al límite de detección del equipo; mientras que para la bahía de Buenaventura sus concentraciones detectadas a través de cuatro muestreos, en diferentes estaciones, se encontraron valores entre menores a 10 ppb y

20 ppb. Existe sospecha de contaminación en Bahías y Costas cuando sus niveles están por encima de 150ppb(Simpson, 1981).

Entre 1994 y 1995 los niveles detectados en diez estaciones durante cuatro muestreos realizados en aguas oscilaron entre 0.5 ppb y 4.1 ppb (Cortés, 1997), concentraciones bajas con relación 10 ppb criterio establecido por el MINSALUD de Colombia para la preservación de flora y fauna en aguas marinas o estuarinas

Los niveles de cadmio (Cd) en las diferentes fracciones de sedimentos para muestras provenientes de esta zona, entre 1992 -1993, se encontraron en el rango comprendido entre, menores al límite de detección (0.01 ppm) y 1.0 ppm, principalmente. El intervalo normal de Cd en sedimentos de Bahías y costas está entre 0.1 y 1.5 ppm (Simpson, 1981) ; según esta información obtenida por Ingeominas, indica que no existen problemas de contaminación por este elemento en esta zona.

Entre 1992 y 1996 los resultados obtenidos en

sedimentos para las estaciones El Viudo, río Rosario y Puente el Pindó a través de ocho muestreos su rango osciló entre 1.3 ppm y 4.8 ppm (Cortés, 1997) ; siendo niveles mayores al valor de 1.3 ppm (NOAA, 1990) considerado como "concentración alta" en sedimentos.

**Cobre.** Según Ingeominas, para los años 1992 y 1993, sus niveles en aguas oscilaron entre menores a 10 ppb y 30 ppb. Para 1994 y 1995 los niveles detectados oscilaron entre 0.7 ppb y 3.8 ppb (Cortés, 1997); encontrándose por debajo del valor de 100 ppb, establecido en el Decreto 1594/84 como CL50.

En otros lugares del mundo se han encontrado valores altos con relación a los citados, por ejemplo concentraciones que oscilan entre 15 ppb y 304 ppb, dando un promedio de 68.1 ppb (Kin, 1983). Concentraciones de cobre comprendidas entre 80 ppb y 100 ppb, alteran la tasa de crecimiento de las postlarvas de camarón (Wong, 1995).

Según datos de Ingeominas los valores de cobre detectados en sedimentos provenientes de Tumaco, estuvieron comprendidos entre niveles inferiores a 0.01 ppm y 52 ppm, asociados principalmente a la fracción orgánica. Este elemento también fue monitoreado desde 1992 hasta 1995, en una serie de estaciones, donde su rango estuvo comprendido entre 11.3 ppm y 76.3 ppm (Cortés, 1997).

Por lo tanto sus niveles detectados en sedimentos son relativamente bajos y se encuentran dentro del intervalo de máximas concentraciones naturales reportadas por Jhonston, que están comprendidas entre 10 ppm -700 ppm (INDERENA, 1989); como también están por debajo de 87 ppm (NOAA, 1990), considerado como "concentración alta".

**Mercurio.** Fue monitoreado en 1995 y sus ni-

veles detectados en aguas oscilaron entre 0.1 ppb y 0.42 ppb (Cortés, 1997), registrándose el valor más alto en la estación ubicada en el Terminal Marítimo ; aunque son menores al valor (10 ppb) establecido en el Decreto 1594/84.

De forma similar concentraciones obtenidas en sedimentos estuvieron comprendidas entre 0.29 ppm y 1.56 ppm, escasos valores de los dos muestreos realizados en doce estaciones se encontraron por debajo de 0.51 (NOAA, 1990) considerado como "concentración alta" en sedimentos.

**Plomo.** Este elemento fue sistemáticamente monitoreado entre 1992 y 1995 en las estaciones río rosario, Puente el Pindó y el Viudo; su rango osciló entre 11.7 ppb y 37.1 ppb, encontrándose por encima del valor (10 ppb) establecido en el Decreto 1594/84, Lo cual se sospecha de que exista contaminación de las aguas marinas por causa de este elemento.

En sedimentos su rango estuvo comprendido entre 2.1 ppm y 24.2 ppm, siendo menores al valor de 87 ppm (NOAA, 1990) considerado como "concentración alta".

## Nutrientes

El análisis para esta clase de parámetros está basado en la información obtenida por el CCCP entre 1990 y 1993.

El nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento de las plantas junto con otros elementos traza (que se encuentran en orden de partes por millón, ppm), son denominados como nutrientes y con su presencia controlan fuertemente la proporción del crecimiento de las plantas en el agua de mar.

El nitrógeno, se encuentra combinado en el agua de mar como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y compuestos orgánicos del orden de trazas. Para aguas superficiales

marinas, los nitratos se encuentran en el rango comprendido entre 0.07 y 0,85 ug.at.N-NO<sub>3</sub>/l (García, 1970); el valor promedio para la Ensenada de Tumaco fue de 0.50 ug.at.N-NO<sub>3</sub>/l, el cual se encuentra dentro de dicho intervalo.

Los *nitritos* presentes en el agua de mar oscilan entre 0 y 1.07 ug.at. N-NO<sub>2</sub>/l, (García, 1970), donde se clasifica el valor de 0.64 determinado para la Ensenada de Tumaco. El valor promedio para amonio fue de 1.04 ug.at. N-NH<sub>4</sub>/l; este se origina principalmente de los fermentos proteolíticos bacterianos.

El rango para *fósforo* en aguas marinas superficiales se encuentra entre 0 y 0.65 ug.at. P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/l (García, 1970), el promedio correspondiente a 0.61 PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/l está dentro de ese rango. En la costa Atlántica su valor oscila entre 0.2 y 0.7 PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/l, en lagos fértiles puede llegar hasta 1.6 ug.at. P- PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/l (Margalef, 1982).

## OTROS PARÁMETROS

El contenido de *oxígeno disuelto* (OD) varía entre 0 y 8.5 ml. O<sub>2</sub>/l (García, 1970), el promedio obtenido fue de 4.0 ml. O<sub>2</sub>/l, superior al valor (2.8 ml.O<sub>2</sub>/l) exigido en el Decreto 1594/84, lo cual muestra que existe una buena oxigenación de sus aguas y permite afirmar que este parámetro no es una limitante para la vida marina. Aunque existen puntos donde se registran valores por debajo del criterio como es el Sector del Pindó y el lugar del Matadero Municipal.

El valor promedio para la *demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)* fue de 1.20 ml. O<sub>2</sub>/L, equivalente a 3.7 veces menor en relación al valor de 4.45 ml. O<sub>2</sub>/l (Gutiérrez, 1995), obtenido para IR Bahía de Buenaventura ; en general en el período de marea baja se presenta un ligero aumento, debido al

aporte de material orgánico de los ríos que desembocan en la Ensenada ; luego ocurre una disminución de sus niveles a causa del efecto de dilución con la gran masa de agua de origen oceánico que llega en la fase de marea alta.

## BUENAVENTURA

Vertimientos sólidos y líquidos. La principal fuente de residuos sólidos en el municipio de Buenaventura es de origen doméstico, la cual representa el 73.58% del total; correspondiendo el 57.06 % a material orgánico.

En Buenaventura se evacúa un volumen de 450.58 l/s de aguas residuales por emisores entubados representando el 28 % del total de agua residual de la ciudad, que conllevan una enorme cantidad de material disuelto, coloidal o particulado y microorganismos muchos de ellos patógenos, presentándose una franja variable alrededor de la ciudad de acuerdo al nivel de marea aguas no aptas para el contacto primario (Natación y Buceo), durante la marea baja y en gran parte de la marea ascendente, por que sus niveles de coliformes se encuentran por encima de los límites permisibles establecidos por el MINSALUD, (Escobar, 1995).

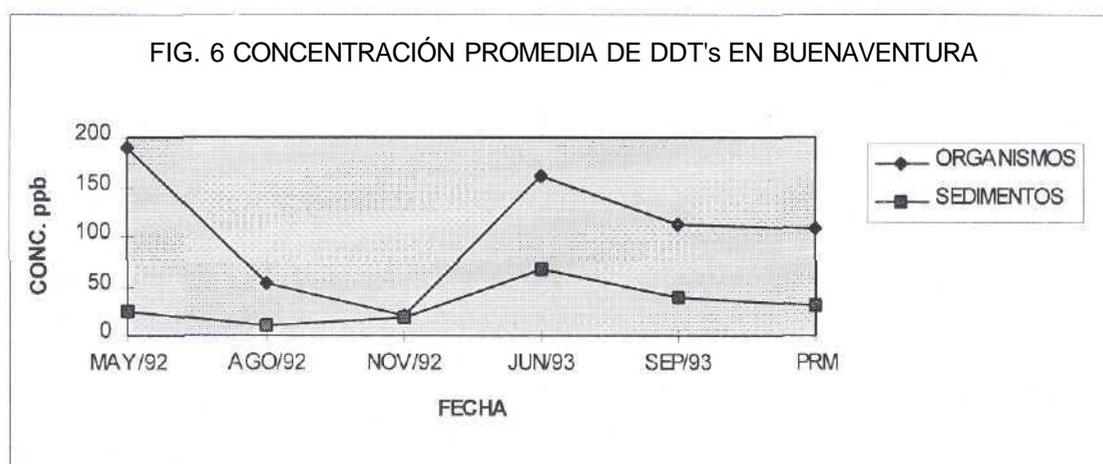
La carga contaminante que sale por los emisores entubados es de 3619.33 Kg/día, aunque es mayor si se tiene en cuenta el total de las descargas que se mezclan con el agua de canales y esteros (Escobar, 1995).

El total de la producción de materia orgánica es de 129.78 ton/día ; los residuos orgánicos ocasionan la producción de líquidos lixiviados altamente contaminantes.

Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT). El rango de los promedios anuales en aguas osciló entre 0.31 y 1.53 ug/l, ligeramente mayor al obtenido para la Ensenada de Tumaco, el

cual estuvo comprendido entre 0.20 y 1.14 ug/l, lo que permite comparar y definir el grado relativo de estas dos zonas del Pacífico Colombiano. Los valores promedios obtenidos entre 1986 y 1995 fueron: 0.49 ug/l para aguas, 2.76 ug/g en sedimentos y 11.20ug/g para organismos. La concentración promedio en aguas es menor en relación a las obtenidas en sedimentos y organismos; debido a la naturaleza hidrofóbica de estas sustancias frente al agua son fácilmente asociados con el material particulado y finalmente depositado en los sedimentos.

Plaguicidas Organoclorados. Se encontró una concentración promedio de DDT's para sedimentos de 31.59 ng/g y en organismos de 107.64 ng/g, obteniéndose una relación de 1:3.40. La concentración para los DDT's que usualmente coincide con una respuesta tóxica para la mayoría de las especies corresponde a 350 ug/g (Long and Morgan, 1990), como se puede observar en la figura No. 6 ninguno de los valores promedios obtenidos superó este valor.



Metales Pesados. Representan un potencial tóxico para los organismos cuando se encuentran por encima de los valores permisibles.

### Metales pesados en aguas

**Cadmio(Cd).** El rango obtenido en aguas por *Ingeominas* entre 1992 y 1993, estuvo comprendido entre valores menores a 10 ppb y 20 ppb ; este último valor sobrepasó el límite de 10 ppb establecido en el Decreto 1594/84 como CL50.

Este elemento como otros fueron estudiados en el trabajo de Tesis de Luz M. Cortés, M. Se. de la Universidad del Valle durante un estudio, representado con un mayor número de estaciones (12) y frecuencia de muestreo

(05) entre 1994 y parte de 1996 para esta zona, dando como resultado niveles que oscilaron entre 0.1 ppb y 8.2 ppb, ligeramente menor al obtenido por *Ingeominas*. El rango normal de Cd en aguas para Bahías y Costas está comprendido entre 10 y 150 ppb y existe sospecha de contaminación cuando los valores se encuentran por encima de 150 ppb (Simpson, 1981); en otros lugares del mundo se han obtenido concentraciones cuyo rango ha oscilado entre 8 y 109 ppb con un promedio de 54.5 ppb (Kin, 1983), que comparado con el obtenido para Buenaventura es alto. En general de acuerdo con el criterio establecido por Simpson se confirma que las aguas de la Bahía de Buenaventura no presentan contaminación por Cd.

**Plomo (Pb).** El rango en aguas entre 1994 y 1996 estuvo comprendido entre 7 ppb y 55 ppb (**Cortés, 1997**) ; obteniéndose una serie de valores que superaron el valor de 10 ppb establecido en el Decreto 1594/84, además también se encuentran por encima de los niveles naturales comprendidos entre 5ppt -15 ppt (Marciales, 1987), encontrados en agua de mar, este puede ser un factor que altere la calidad de las aguas.

**Mercurio (Hg).** sus niveles en aguas oscilaron entre 0.05 ppb y 0.87 ppb (**Velásquez, 1996**) relativamente bajas comparadas con el valor establecido como CL50 en el Decreto 1594/84 (10 ppb). El nivel natural en agua marina es de 0.011 ppb (Marciales, 1987).

Según el criterio para la clasificación de la calidad del agua superficial marina para las aguas destinadas a la recreación y protección de la salud y la población balanceada de peces, plantas y animales del medio corresponde a un valor de 0.025ppb (Surface Water Quality Standard, 1995), mostrando que los valores obtenidos superan esta referencia.

**Cobre (Cu).** Las concentraciones naturales de Cu en aguas marinas superficiales están entre 0.04 ppb y 0.1 ppb (Marciales, 1987). El rango obtenido por Ingeominas estuvo comprendido entre valores menores a 10 ppb y 30 ppb, encontrándose por debajo del valor establecido como CL50 por el Decreto 1594/84 (100 ppb) ; pero mayores con relación al criterio del Surface Water Quality Standards el cual establece un valor menor o igual a 2.9 ppb.

Entre 1994 y 1996 se detectaron valores que oscilaron entre 0.9 ppb y 3.6 ppb (**Cortés, 1997**) de igual forma menores con relación al criterio del Decreto 1594/84,

En otros lugares del mundo se han encontrado valores altos en relación a los antes men-

cionados, por ejemplo concentraciones que oscilan entre 15 ppb y 304 ppb con un promedio de 68.1ppb (Kin, 1983).

## Metales pesados en sedimentos

**Cadmio.** Sus concentraciones normales para sedimentos provenientes de Bahías y costas están comprendidas entre 0.2 y 2.0 ppm y existe sospecha de contaminación en Estuarios y Bahías cerradas cuando se encuentran por encima de 2.0 ppm (Simpson, 1981). Durante 1994 y 1996 su rango osciló entre 2.1 ppm y 5.1 ppm, (**Cortés, 1997**) ; por lo cual los sedimentos provenientes de la bahía de Buenaventura presentan sospecha de contaminación por Cd debido a que el 100% de los análisis distribuidos en cinco muéstreos y 12 estaciones sobrepasaron el criterio antes mencionado ; por consiguiente mayores a 1.3 ppm (NOAA, 1990) establecido como "alta concentración" para Cd en sedimentos.

**Plomo.** El rango detectado durante el período 1994 -1996 estuvo comprendido entre 5.2 ppm y 52.3 (**Cortés, 1997**) . Los diferentes resultados para este metal se encuentran por debajo del valor de 87 ppm (NOAA, 1990) definido como "concentración alta", por lo cual los sedimentos de esta zona no presentan contaminación alguna por este elemento.

**Mercurio.** Los niveles encontrados en tres muéstreos realizados entre 1995 y 1996, en 12 estaciones, oscilaron entre 0.15 ppm y 3.5 ppm (**Cortés, 1997**) ; un alto porcentaje (83%) de las concentraciones determinadas en 36 muestras se encuentran por encima del valor de 0.51 ppm, (NOAA, 1990) considerado como "concentración alta", con base en este criterio se sospecha que exista posible contaminación de los sedimentos por este elemento de elevado potencial tóxico.

**Cobre.** Según los resultados de Ingeominas los niveles más altos se encontraron asociados con la fracción orgánica de los sedimentos, cuyas concentraciones oscilaron entre 1.0 ppm y 71 ppm, menores a 87 ppm (NOAA, 1990 definido como "concentración alta" para sedimentos).

En los datos presentados por **Cortés L, 1997**, sólo un valor (96.7 ppm) detectado en la estación el Piñal, superó el criterio antes mencionado durante los cuatro monitoreos, realizados entre 1994 y 1996. En este mismo estudio para esa estación se reportan concentraciones altas con valores de 104.3 ppm para 1992 y 114.1 ppm para 1993.

## GUAPI Y BAHÍA SOLANO

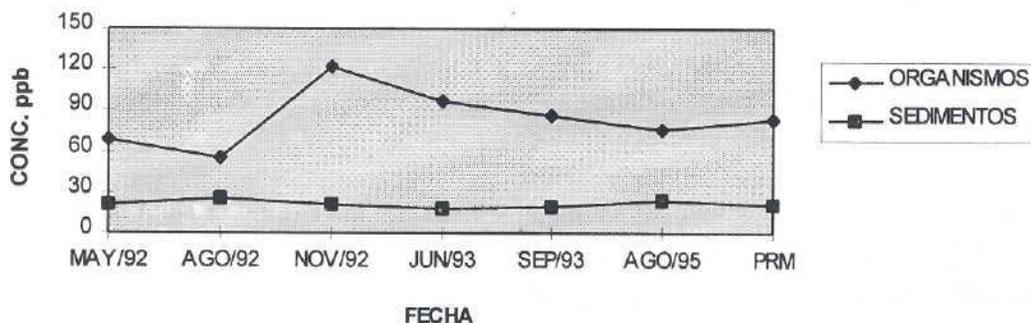
**Hidrocarburos Aromáticos.** Las concentraciones detectadas en aguas ; tanto en las estaciones de Bahía Solano como en Guapi,

son comunes, a las encontradas en cualesquiera de las áreas ligeramente influenciadas, ubicadas ya sea en Tumaco o en Buenaventura

**Plaguicidas Organoclorados.** Los promedios obtenidos para DDT's en sedimentos, pertenecientes a las tres estaciones para el área se encuentran por debajo del valor de 40 ng/g, definido como "alto" por el Programa de monitoreo de la contaminación Química en espacio y tiempo para determinar respuestas biológicas de esa contaminación, National Status and Trends (NS&T), creado por la National Oceanic and Atmospheric Administration (A Special NOAA, 1990).

De forma similar la NS&T ha calificado el valor de 350 ng/g (Long and Morgan, 1990), para organismos, como una concentración "alta", que comparado con los valores medios obtenidos para el área, que oscilan entre 54.38 y 121.6, es ligeramente mayor.

FIG. 7 CONCENTRACIÓN PROMEDIA DE DDT's EN GUAPI



Criterios de calidad admisibles para agua marina y estuarina según el Decreto 1594/84 del Ministerio de salud de Colombia.

Parámetro	Valor (mg/l)	Parámetro	Valor (mg/l)
OD	4.0	Pb	0.01
Cd	0.01	Hg	0.01
Cu	0.1		

## CONCLUSIONES

En los monitoreos de hidrocarburos aromáticos realizados por el CCCP desde 1986 en el Litoral Pacífico Colombiano, se encontró que el promedio de concentraciones aumentan progresivamente en aguas (0.25 ug/l), sedimentos (1.18 ug/g) y organismos (7.45 ug/g).

Se puede afirmar que existe un alto riesgo para los bivalvos y la salud de quienes los consumen, dada la relación de que por cada ug/l de hidrocarburos aromáticos encontrados en el agua, se espera encontrar aproximadamente 29.8 ug/g en dichos organismos.

La dinámica oceánica tiene una gran injerencia en los niveles de hidrocarburos detectados, afectando diferentes áreas de la zona costera, por lo que estos resultados solo son aplicables a las áreas de la ensenada de Tumaco, Guapi, Bahía de Buenaventura y Bahía Solano.

Se encontró una concentración promedio de plaguicidas organoclorados en el Litoral Pacífico Colombiano para sedimentos de 12.42 ng/g y en Organismos de 94.53 ng/g, presentando una relación de 1:7.6, lo que indica que existe una gran capacidad por parte de los bivalvos de acumular estos compuestos, tomándolos del sedimento en su proceso metabólico

Los plaguicidas organoclorados de DDT's, presentaron un comportamiento irregular durante el monitoreo, especialmente en organismos por que están asociados a una serie de características fisiológicas ; mientras que en los sedimentos son más estables.

Se destaca dentro de los municipios estudiados que en el proceso industrial que se desarrolla en el municipio de Tumaco, los desechos generados son de tipo orgánico principalmente,

Los problemas ambientales detectados son muy puntuales a diferencia de la Bahía de Buenaventura, que es un cuerpo de agua cerrado donde los problemas de contaminación se tornan críticos sobre los sectores que se realizan descargas de aguas residuales, principalmente.

El incremento en la densidad de población, la actividad industrial y el tráfico marítimo, son aspectos que pueden influir en el aumento de los niveles de hidrocarburos aromáticos en el medio marino a largo plazo.

Los niveles de mercurio en sedimentos para Buenaventura son mayores al valor de 0.51 ppm, considerado como " concentración alta" por la (NOAA, 1990).

Los niveles de Plomo detectados en aguas para la Ensenada de Tumaco se encuentran por encima del valor permisible establecido por el Decreto 1594/84.

## RECOMENDACIONES

### *Ministerio del Medio Ambiente:*

Revisar el Decreto 1594 de 1984 e incluir dentro la normatividad pertinente a límites permisibles de concentraciones de hidrocarburos y plaguicidas.

Activar y fortalecer a corto plazo el intercambio de información a nivel interinstitucional de las bases de datos relacionadas con la contaminación marina; con el fin de mantener permanentemente actualizado los planes de vigilancia.

### *Dirección General Marítima:*

Desarrollar un plan de vigilancia, seguimiento y evaluación de los fenómenos de contaminación o alteración del medio marino; tanto en los cuerpos de agua de las poblaciones costeras como en las aguas oceánicas.

### *Planteles Educativos:*

Implementar cátedras sobre educación ambiental, con el fin de fortalecer conciencia sobre la población en la preservación de los recursos naturales.

### *Centros de Investigación del Medio Marino:*

Los centros que desarrollan investigación en el Pacífico colombiano, deberán enfocar sus estudios hacia modelos de predicción en contaminación marina en los cuerpos de agua costeros.

### *Los Municipios:*

Adelantar proyectos a corto, mediano y largo plazo sobre sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales representan la mayor amenaza para la salud de la población y los ecosistemas marinos de la Costa Pacífica Colombiana.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALCALDÍA DE TUMACO**, Censo de establecimientos Industriales comerciales y de servicio en el perímetro urbano de Tumaco, 1994.

**ÁNGEL Y RODRÍGUEZ**, La Ciudad y el Entorno Natural: Formulación y evaluación técnica económica y social de las alternativas de solución al problema de saneamiento de la ciudad de Tumaco. Volumen 3, 1992.

**CALDERÓN**, D. Estudio preliminar de la contaminación por aceites y grasas en el río Mira y su correlación con algunos parámetros físicoquímicos, Boletín científico No 1, 1990.

**CALERO, L., MARRUGO, A y CASANOVA, R.** La Contaminación Marina en el Pacífico colombiano bajo un enfoque Social y Económico, Centro Control Contaminación del Pacífico, Boletín Científico No.5, 1995. P. 108.

**CASANOVA, R.** Estudio de la contaminación marina por compuestos organoclorados en la costa Pacífica colombiana, Centro Control Contaminación del Pacífico, Boletín científico No.5, 1995. P. 152-157.

**CORTÉS B., Luz M,** Estudio y Evaluación de Metales traza (Cd, Cu, Cr, Hg y Pb) en Aguas y Sedimentos Marinos de la Costa Pacífica Colombiana, Santiago de Cali, 1997.

- CPPS/UNESCO/COI.** Manual y Guía. "Determinación de los Hidrocarburos del Petróleo en los Sedimentos". Noruega, 1982
- CPPS/UNESCO/COI.** Manual y Guía. "Determinación de los Hidrocarburos del Petróleo en los Sedimentos". Noruega, 1992.
- DANE:** Censo de 1993
- ESCOBAR C,** Julio. Estudio de Impacto Ambiental por aguas residuales en la bahía de Buenaventura Resumen ejecutivo, comité de acción ecológica (CAE) - Rectoría, 1995.
- ESTADOS UNIDOS, SURFACE WATER QUALITY STANDARDS,** REG.62-302 ON 04/12/95.
- GARCÍA, F.** Elementos de Ecología Marina, Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1970. P. 83.
- GUTIÉRREZ B. FRANCISCO.** Actualización del Inventario de fuentes terrestres de contaminación en el Litoral Pacífico colombiano. CPPS, 1995.
- HOSPITAL SAN ANDRÉS DE TUMACO.** Estadísticas de Morbimortalidad en el Municipio de Tumaco.
- IGAC.** Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Atlas Regional del Pacífico, 1983. P. 66
- KIN MING CHAN.** Concentrations of cooper, zinc, cadmiun and lead in rabbitfish (*Siganus aramin*) colleted in Victoria Harbour, Hong Kong. Err Marine Pollution Bulletin, vol. 31, No.4-12,1995. P.279
- LONG, E and MORGAN, G.** The potential for biological effects of sediment sored contaminants tested in the **National Status and Trends Program (NS&T).** En: NOAA technical Memorándum NOSOMA52. NOAA Office of Oceanography and Marine Assessment, Ocean Assessment División, Seattle, W.A. 173 & appendices.
- MARGALEF,R.** Ecología, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1982. P. 62
- MARRUGO, A. y PALACIOS, A.** Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el litoral Pacífico colombiano, 1989-1990. Centro Control Contaminación del Pacífico, Boletín Científico No. 2, 1991.
- MARRUGO, A.** Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en áreas críticas de la costa Pacífica colombiana. Centro Control Contaminación del Pacífico, Boletín Científico No. 5, 1995. P. 135, 137, 139
- MOSQUERA, A.** Estudio actual de la eutroficación en áreas costeras de la ensenada de Tumaco y diagnóstico en la bahía de Buenaventura. Centro Control Contaminación de Pacífico, Boletín Científico No 4,1993.
- REPÚBLICA DE COLOMBIA.** Ministerio de Salud, Decreto 1594 de 1984, Disposiciones sanitarias sobre aguas.
- NOAA.** Technical Memorándum NOS ORCA 95, International Mussel Watch-The United Nations Environment Programme-Intergovernmental Oceanographic Commission, Initial implementation phase final, 1995.
- SIMPSON (1981).** Distribución de Cadmio en aguas marinas y sedimentos En: Ingeominas, Estudio y evaluación de la contaminación marina por metales traza en zonas del Pacífico colombiano, fase 1, Santafé de Bogotá, 1993. P. 13.
- UNEP/ILO/WHO.** GLIPHOSATE. Environmrntal Health Criteria 159, Genova, 1994.
- VELASQUEZ O., CORTES L.** Informe Final del Proyecto "Diagnóstico y Evaluación del Estado de la Contaminación de la bahía de Buenaventura por Metales pesados (Pb, Cd, Cr y Hg) en aguas, sedimentos superficiales y algunos organismos marinos", 1996.
- VILLAVECES, M. C, BAEZ, M. C. y BOBADILLA, L.** Estudio y evaluación de la contaminación por metales traza en zonas del Pacífico Colombiano fase 1, Santafé de Bogotá, 1993. P. 15.

WONG, K., CHEUN, Y. and CHU, H. Effects of copper on survival, development and growth of *Metapenaeus ensis* larvae and postlarvae (Decapoda: penaeidae), Marine Pollution Bulletin, Vol. 31, Nos. 4-12, 1995. P.416.

---