

BOLETÍN CIENTÍFICO CCCP	TUMACO NARIÑO (Colombia)	No. 4	47-60	Julio 1993	ISSN 0121-3423
-------------------------------	--------------------------------	-------	-------	------------	-------------------

## ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN MARINA POR HIDROCARBUROS EN EL PACÍFICO COLOMBIANO - FASE III

*Alonso José Marrugo González\**

### RESUMEN

*Se presentan y evalúan los resultados de los análisis de los Hidrocarburos de Petróleo obtenidos en las muestras de agua, sedimentos y organismos, durante el período septiembre de 1990 a diciembre 1991, en las zonas Costeras del Pacífico Colombiano: Ensenada de Tumaco, Bahía de Guapi, isla Gorgona, Bahía de Buenaventura, Bahía de Málaga, Bahía Solano y Bahía Cupica; correspondientes a la Región ;V Zonas 1, 2 y 3 del plan de Desarrollo de Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000.*

*Las concentraciones de Hidrocarburos Disueltos/Dispersos en agua (HDD), son bajas en todo el litoral, presentando una concentración media de 0.33 Ug/l. La zona con mayores valores fue Bahía Cupica con 0.76 Ug/l. Los sedimentos y los organismos presentaron altas concentraciones en sectores de ja Bahía interna de Tumaco, Buenaventura y Málaga.*

*Los resultados obtenidos, brindan una visión bastante clara, en la mayoría de los casos, de como las actividades de movilización y almacenaje de petróleo y sus derivados, contribuyen al aumento de las concentraciones de Hidrocarburos en los Ecosistemas Costeros.*

*El hecho de haber detectado hidrocarburos de origen petrogénico, especialmente aromáticos, en agua, sedimentos y organismos, muestra la existencia de un problema inquietante para el medio marino.*

### ABSTRACT

*Results of the monitoring survey on the presence of petroleum hydrocarbons in water, recent sediments and organisms between september 1990 and december*

\* Apartado 187 Tumaco, Nariño. Colombia.

1991, in the Colombian Pacific coastal (Gorgona Island, Tumaco Inlet and Bays of Guapi, Buenaventura, Malaga, Solano and Cupica).

Concentrations of dissolved and dispersed hydrocarbons in water (HDD) were small on the coastal environment in the Colombian Pacific. The average was 0.33  $\mu\text{g}/\text{l}$ . The more high concentrations correspond to Cupica Bay with 0.76  $\mu\text{g}/\text{l}$ . The highest values of hydrocarbons in sediments and organisms belong to any sites near Tumaco, Buenaventura and Malaga.

Results of this monitoring shown a clear indication that of petroleum activities, maritime transportation, dock activity and industrial uses are, contributing significantly to increase the presence of petroleum hydrocarbons in coastal areas.

The fact of aromatic hydrocarbons were detected in the three type of samples: water, sediments and organisms, account the concern of the existence of serious problem in the marine environment.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del sistema de clasificación adoptado para catalogar los contaminantes, los hidrocarburos pertenecen al grupo de los "residuos químicos orgánicos". Los datos relativos a la toxicidad de los hidrocarburos, previenen efectos biológicos a corto y largo plazo, que son respectivamente los causados por revestimiento y asfixia y los procedentes de la toxicidad del petróleo.

Los primeros son debido a:

- a. La disminución de la transmisión de la luz que afecta la fotosíntesis de la vida vegetal marina.
- b. Disminución del oxígeno disuelto que afecta directamente la fauna marina.
- c. Daños - a las aves acuáticas y a los mamíferos marinos por impregnación de sus plumas y cuerpo que impide el vuelo y disminuye su flotabilidad con sus consecuencias. Por otra parte los hidrocarburos alifáticos, con puntos de ebullición bajos, a concentraciones acuosas reducidas producen anestesia y narcosis en una amplia gama de animales inferiores.

Los segundos, son debidos a que en general los compuestos aromáticos pueden matar organismos por contacto directo, a través del contacto con soluciones diluidas formadas cuando los compuestos se disuelven en el mar. Los efectos

a largo plazo son menos conocidos, pero se destacan las interferencias con hormonas naturales, efectos sobre sensores gustativos y simulación de potenciales venenos y su difusión a través de la cadena trófica marina, puede llegar incluso a afectar al hombre.

Es por ello, que la determinación de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar, acumulados en sedimentos y organismos marinos se han convertido, en los últimos años, en una necesidad para todos los países cuyas fronteras limitan con el mar. La situación se hace más crítica en aquellas zonas de gran tráfico de barcos y en especial, de buques petroleros (Martínez *et. al.* 1987).

Es importante, en el presente estudio, la imagen global de las áreas de mayor interés económico y ecológico del Litoral Pacífico colombiano, con respecto a la incidencia de los residuos petrogénicos sobre los ecosistemas costeros.

Este trabajo corresponde a las actividades realizadas entre septiembre de 1990 y diciembre de 1991, y presenta los resultados obtenidos de los análisis de muestra de aguas, sedimentos y organismos de un total de veintitrés, estaciones, cinco en la ensenada de Tumaco, tres en la Isla Gorgona, tres en la Bahía de Buenaventura, tres en la Bahía Guapi, tres en la Bahía de Málaga, tres en Bahía Solano y tres en Bahía Cupica (Figuras 1, 2).

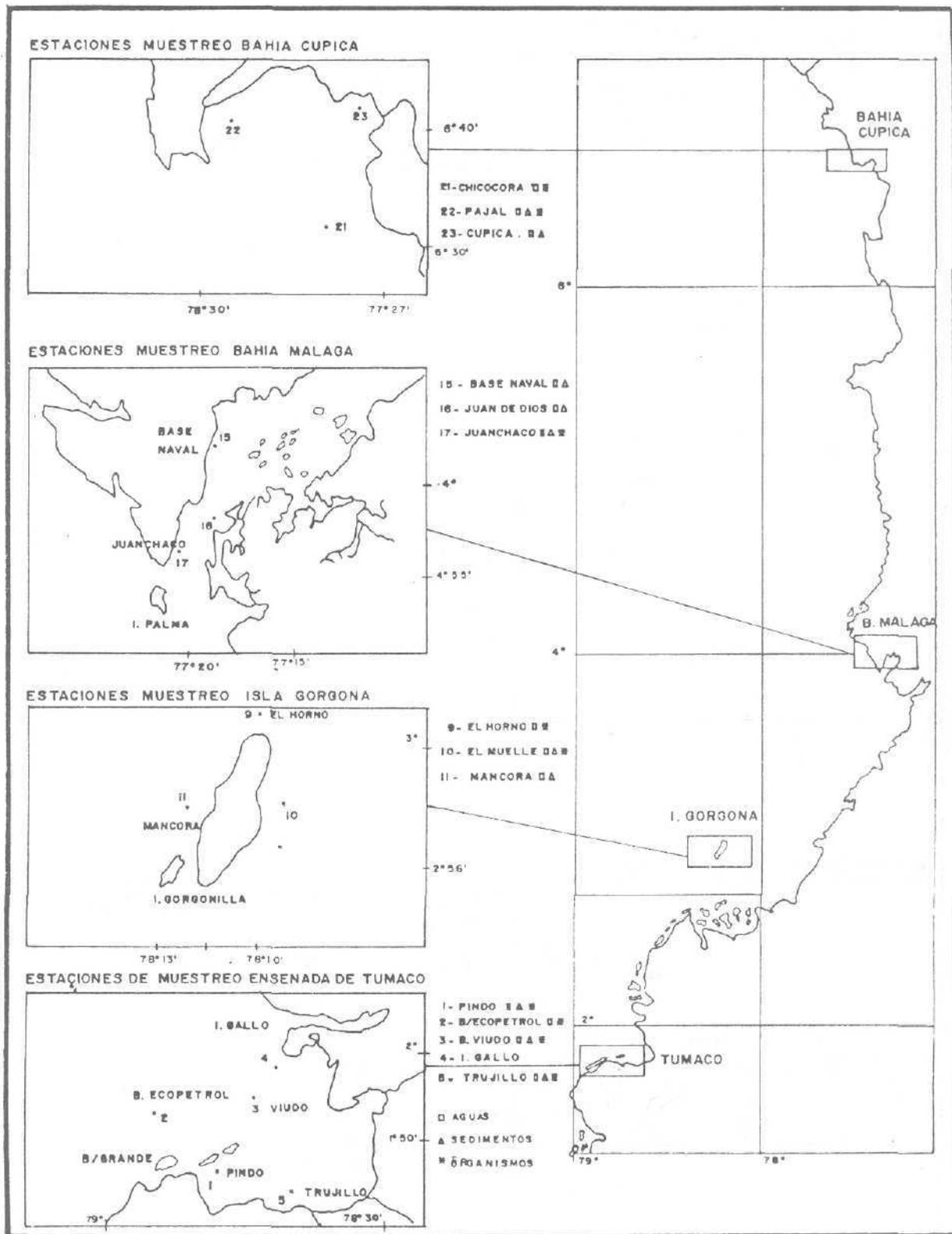


FIGURA 1. Ubicación Geográfica de las Estaciones de Muestreo.

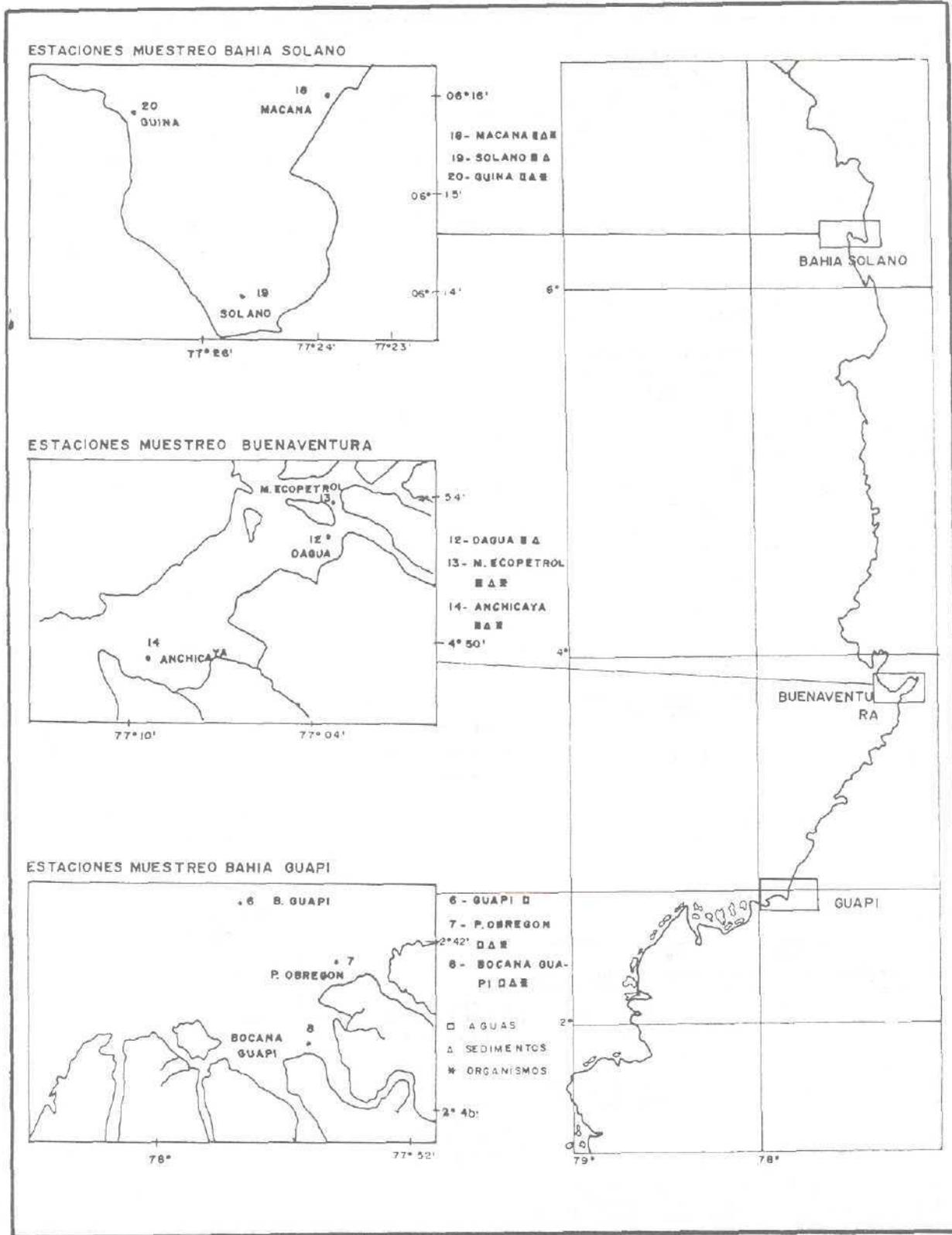


FIGURA 2. Ubicación Geográfica de las Estaciones de Muestreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tuvieron como referencia los manuales y guías No. 13 de la COI "para la Vigilancia del Aceite y de los Hidrocarburos Disueltos y Dispersos en el agua de mar y las playas". UNESCO 1982, los manuales y guías No. 11 de la COI "Determinación de los Hidrocarburos Petrogénicos en los sedimentos". UNESCO 1982, los manuales de métodos de muestreo, manejo y análisis recopilación por UNESCO/COI/PNUMA, 1984. Documentos operativos de la CPPS/CONPACSE y el informe del Curso Regional de Técnicas Analíticas para la determinación de Hidrocarburos de Petróleo, en Organismos y Sedimentos Marinos en el Pacífico Sudeste, Valparaíso, Chile (Bruhn *et al* 1987).

Para la realización de los análisis de hidrocarburos en organismos se tomaron muestras de *Crassostrea sp* en las estaciones 1, 3, 9, 10, 13, 18, 20, 21 y 22, *Anadara sp* en las estaciones 4, 7, 8 y 14, *Fisurella sp* en la estación 17 y *Cirripedios* en la estación 2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 puede observarse el número de datos HDD tomados en cuenta para el cálculo de: promedio por estación, rango de concentraciones, promedio por sitio estudiado y desviación estándar.

Los valores obtenidos en los análisis correspondientes son heterogéneos, con promedios bajos que van desde 0.08 a 1.17 Ug/1. y sin tendencia definida a través de los cuatro (4) muestreos, los cuales están por debajo de 10 Ug/1, norma establecida por UNESCO 1976 como máximo para aguas superficiales no contaminadas. Sin embargo es importante hacer una comparación entre los mínimos y máximos obtenidos entre las diversas estaciones.

El valor promedio más alto de HDD para las zonas estudiadas correspondió a Bahía Cupica con 0.76 Ug/1, obteniéndose los mayores valores en la estación 22 (El Pajal), localizada al no-

roccidente de la Bahía, con promedio de 1.17 Ug/1 (Tabla 1).

En la Isla Gorgona se registró el segundo más alto promedio de HDD con 0.50 Ug/1, localizándose las mayores concentraciones hacia la parte norte, donde se obtuvieron valores, en la estación 9 (El Horno), de 0.58 Ug/1.

La concentración media de HDD en la Ensenada de Tumaco fue de 0.27 Ug/1, le siguieron la Bahía de Buenaventura y Bahía de Solano con 0.24 Ug/1 cada una. Promediando las concentraciones de HDD registradas para todo el área estudiada del Pacífico colombiano, se obtuvo la cifra de 0.33 Ug/1 (Figura 3).

El valor obtenido de HDD para el área estudiada en el presente trabajo es inferior al obtenido para la Costa Caribe Colombiana, Barbacoas - Castilletes y San Andrés de 3.84 Ug/1. (Garay, 1990), y a nivel mundial, inferior a los obtenidos en la costa Pacífica Panameña de 11.9 Ug/1, Litoral Chileno 21.27 Ug/1, Costa Ecuatoriana 9.97 Ug/1 (Escobar, 1987); Golfo de México 20 Ug/1. (Celis, 1987); Costa Norte de Cuba 20 Ug/1. (Martínez, 1987), y Costa de Jamaica 15 Ug/1., (Barry, 1987); y superior a los obtenidos en la Costa Japonesa 0.31 Ug/1., Mar del Norte 0.02 Ug/1., Costa Norte América 0.11 Ug/1., Mar de la China 0.20 Ug/1., y Bahía de Baffin 0.11 Ug/1. (Global Oil Pollution, 1981).

Las bajas concentradas de HDD en el Pacífico Colombiano pueden ser debidas a la gran dinámica de sus aguas, donde los cambios de nivel mareal alcanzan en algunas regiones los cinco metros, lo cual facilita el intercambio de las aguas en las bahías con las oceánicas ricas en oxígeno y menos contaminadas. Otro factor que puede influir es que en esta zona solo se maneja, a excepción de Tumaco, hidrocarburos livianos como gasolina, diesel y aceites lubricantes, los cuales se evaporan en gran porcentaje en menos de 48 horas.

Las concentraciones medias de hidrocarburos totales en sedimentos (HTS), obtenidas en el transcurso del presente estudio para las diferentes estaciones, discriminadas en aromáticos mo-

**TABLA 1.** Concentración de Hidrocarburos Aromáticos en Aguas. Ug/1 (Unid. Criseno).

Estaciones 1-5 E. Tumaco, 6-8. Guapi, 9-11 I. Gorgona. 12-14 B. B/ventura, 15-17 B. Malaga, 18-20 B. Solano, 21-23 B. Cupica

No.	Nombre de Estaciones	No. Datos	Intervalo	Promedio	DES. STD	Prom. Area
1.	Puente El Pindo	4	0.02 - 0.31	0.19	0.14	0.27
2.	Boyas de Ecopetrol	4	0.08 - 0.46	0.26	0.17	0.27
3.	Bajo del Viudo	4	0.07 - 0.74	0.28	0.31	0.27
4.	Isla de Gallo	4	0.04 - 1.10	0.42	0.47	0.27
5.	Trujillo	4	0.00 - 0.50	0.22	0.22	0.27
6.	Boya Guapi	4	0.00 - 0.19	0.10	0.08	0.16
7.	Playa Obregón	4	0.07 - 0.46	0.25	0.16	0.16
8.	Bocana Guapi	4	0.06 - 0.19	0.14	0.06	0.16
9.	El Horrio	4	0.00 - 1.56	0.58	0.69	0.50
10.	El Muelle	4	0.00 - 1.12	0.49	0.54	0.50
11.	Mancora	4	0.00 - 0.90	0.42	0.39	0.50
12.	Dagua	4	0.00 - 0.23	0.14	0.11	0.24
13.	Muelle Petrolero	3	0.04 - 0.82	0.45	0.39	0.24
14.	Anchicaya	4	0.01 - 0.27	0.14	0.11	0.24
15.	Base Naval	4	0.00 - 0.13	0.08	0.06	0.15
16.	Juan de Dios	4	0.08 - 0.28	0.15	0.09	0.15
17.	Juanchaco	4	0.00 - 0.52	0.22	0.23	0.15
18.	Mecana	3	0.05 - 0.71	0.39	0.33	0.24
19.	Solano	3	0.00 - 0.36	0.15	0.19	0.24
20.	Guina	3	0.00 - 0.28	0.19	0.16	0.24
21.	Chicocora	3	0.04 - 0.87	0.35	0.45	0.76
22.	Pajal	3	0.00 - 2.44	1.17	1.22	0.76
23.	Cupica	3	0.00 - 1.11	0.42	0.60	0.76
Pacífico colombiano						
E. Tumaco - B. Cupica		85	0.00 - 2.44	0.31		0.33

no, di y no resueltos, e hidrocarburos totales se registran en la Tabla No. 2.

Los valores de HTS superficiales son bastante significativos a la hora de dar un concepto sobre el grado en que la contaminación ha afectado el ecosistema ya que, a diferencia de los análisis en aguas, son más homogéneas y varían menos con el tiempo (Figura 4).

El proceso de sedimentación de los hidrocarburos se efectúa con bastante lentitud, por esa razón para determinar los hidrocarburos acumulados se tomaron sedimentos superficiales o también llamados sedimentos recientes, su contenido en hidrocarburos puede depender de la dinámica de sedimentación a que esté sometida el área estudiada.

Teniendo en cuenta que no existen normas legales vigentes sobre límites permisibles de HTS, para poder establecer ciertos límites de

concentración en nuestro estudio, se monitoreó en puntos de alto riesgo de contaminación como el Muelle Petrolero en Buenaventura, el Puente del Pindo en Tumaco y en puntos aislados de bajo riesgo como las estaciones de la Isla de Gorgona y Bahía Solano a fin de poder establecer comparaciones adecuadas.

Del análisis de estos resultados, se obtuvieron los valores límites de 52 Ug/g en sedimentos y de 71 Ug/g para organismos.

La mayor concentración promedio de HTS por zona estudiada se registró en la Bahía de Buenaventura con 89.34 Ug/g, destacándose las altas concentraciones encontradas en el Muelle Petrolero con 260,19 Ug/g (peso seco), valor éste comparable con los obtenidos en zonas contaminadas a escalas mundial como en Ornan, Arabia Saudita de 226 Ug/g (Burns *et al* 1982).

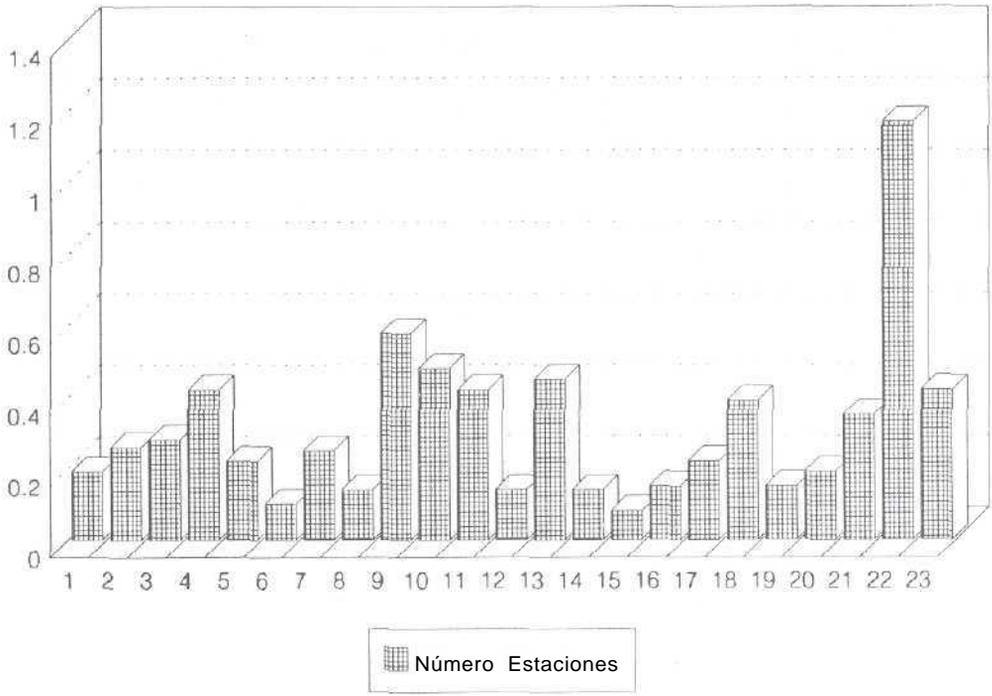


FIGURA 3. Variación concentración hidrocarburos aromáticos disueltos/dispersos en aguas. Promedio total por estación

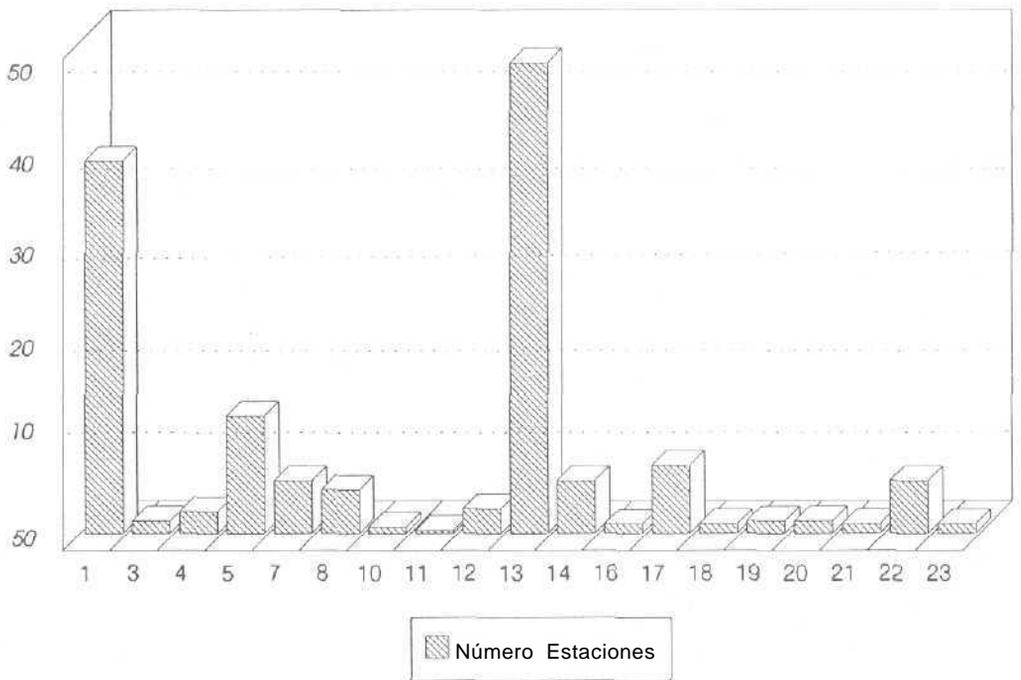


FIGURA 4. variación concentración hidrocarburos aromáticos más alifáticos en sedimentos. Promedio total por estación

**TABLA 2.** Concentración de Hidrocarburos Totales Aromáticos más Alifáticos en Sedimentos Ug/g (En peso seco). Estaciones 1-5 E. Tumaco, 7-8. Guapi, 10-11. Gorgona, 12-14 B. B/ventura, 16-17 B. Malaga, 18-20 B. Solano, 21-23 B. Cupica.

No.	Nombre de estaciones	No Datos	Aromáticos			Alifáticos		Totales	Prom. Área Totales
			Mon. Di	Polí.	Tot.	Res	No. Res		
1	Puente de Pindo	3	2.86	1.69	4.55	15.94	19.81	40.30	13.99
3	Bajo de Viudo	3	0.02	< 0.01	0.02	0.69	0.73	1.19	13.99
4	Isla de Gallo	3	0.06	0.01	0.05	1.41	0.69	2.15	13.99
5	Trujillo	3	0.45	0.28	0.73	8.22	3.38	12.33	13.99
7	Playa Obregon	3	0.63	0.37	1.00	3.06	1.57	5.63	5.12
8	Bocana de Guapi	3	0.33	0.15	0.48	2.07	2.05	4.60	5.12
10	El Muelle	3	0.01	0.07	0.07	0.48	0.14	0.69	0.52
11	Mancora	3	< 0.01	0.01	0.01	0.24	0.09	0.34	0.52
12	Dagua	3	0.28	0.18	0.46	0.95	0.99	2.40	89.34
13	Muelle Petrolero	3	1.94	1.89	3.83	78.11	178.25	260.19	89.34
14	Anchicaya	3	0.73	0.39	1.12	2.48	1.83	5.43	89.34
16	Juan de Dios	3	0.05	0.04	0.10	0.69	0.05	0.84	4.14
17	Juanchaco	3	1.23	3.07	2.20	2.18	3.07	7.44	4.14
18	Mecana	3	0.01	0.21	0.02	0.67	0.21	0.90	1.13
19	Solano	3	0.05	0.21	0.08	1.00	0.21	1.29	1.13
20	Guina	3	0.24	0.07	0.31	0.69	0.20	1.20	1.13
21	Chicocora	3	0.04	0.02	0.06	0.97	0.06	1.08	2.38
22	Pajal	3	0.31	0.14	0.45	4.18	0.68	5.32	2.38
23	Cupica	3	0.05	0.02	0.07	0.64	0.04	0.75	2.38
Pacífico Colombiano									
E. Tumaco - B. Cupica		56	0.48	0.32	0.80	6.56	11.27	18.64	16.66

El intervalo de concentración estuvo comprometido entre 55 y 366 Ug/g y registró un máximo valor en Diciembre con 365.84 Ug/g. (Tabla 2).

Las concentraciones de aromáticos en sedimentos son mayores en el Puente del pindo, en la Ensenada de Tumaco, con 4.55 Ug/g., y en el Muelle Petrolero de Buenaventura con 3.83 Ug/g. comparando estos valores con los obtenidos en la Costa Norte Americana, en sitios altamente contaminados por hidrocarburos aromáticos, 3.9 Ug/g (NOAA, 1990), se pueden considerar estas áreas nuestras como críticas por la contaminación con hidrocarburos del petróleo. El Predominio de hidrocarburos alifáticos no resueltos (UCM), en ambos casos (Muelle Petrolero 178.25 Ug/g) y Puente del Pindo 19.81 Ug/g), evidencia la presencia de hidrocarburos petrogénicos (Farrington y Quinn 1973) (Figura 5).

En las estaciones 1 y 5 localizadas en la Ensenada de Tumaco se presentaron los valores

promedios de HTS más altos, después del Muelle Petrolero en Buenaventura, con 40.30 Ug/g y 12.33 Ug/g, encontrándose en ambas sus máximos valores en el mes de Febrero con 63.12 y 22.56 Ug/g. respectivamente (Figura 1). Tal hecho es debido, posiblemente, a la alta precipitación acompañada de bajas temperaturas registradas desde el mes de Diciembre, las cuales facilitan el ingreso de los contaminantes por escorrentías y disminuyen su tasa de evaporación.

En los cromatogramas obtenidas en la estación 1 se puede apreciar una serie de picos pequeños que van desde el C18 al C31, destacándose los picos C25, C29 y C31, lo cual indica un predominio de hidrocarburos de número de carbonos impar típicos de hidrocarburos biogénicos (Botello, 1987); también presentan un gran área no resuelta (UCM), la cual se compone de una mezcla compleja de hidrocarburos biogénicos y petrogénicos, que muestra 2 máxi-

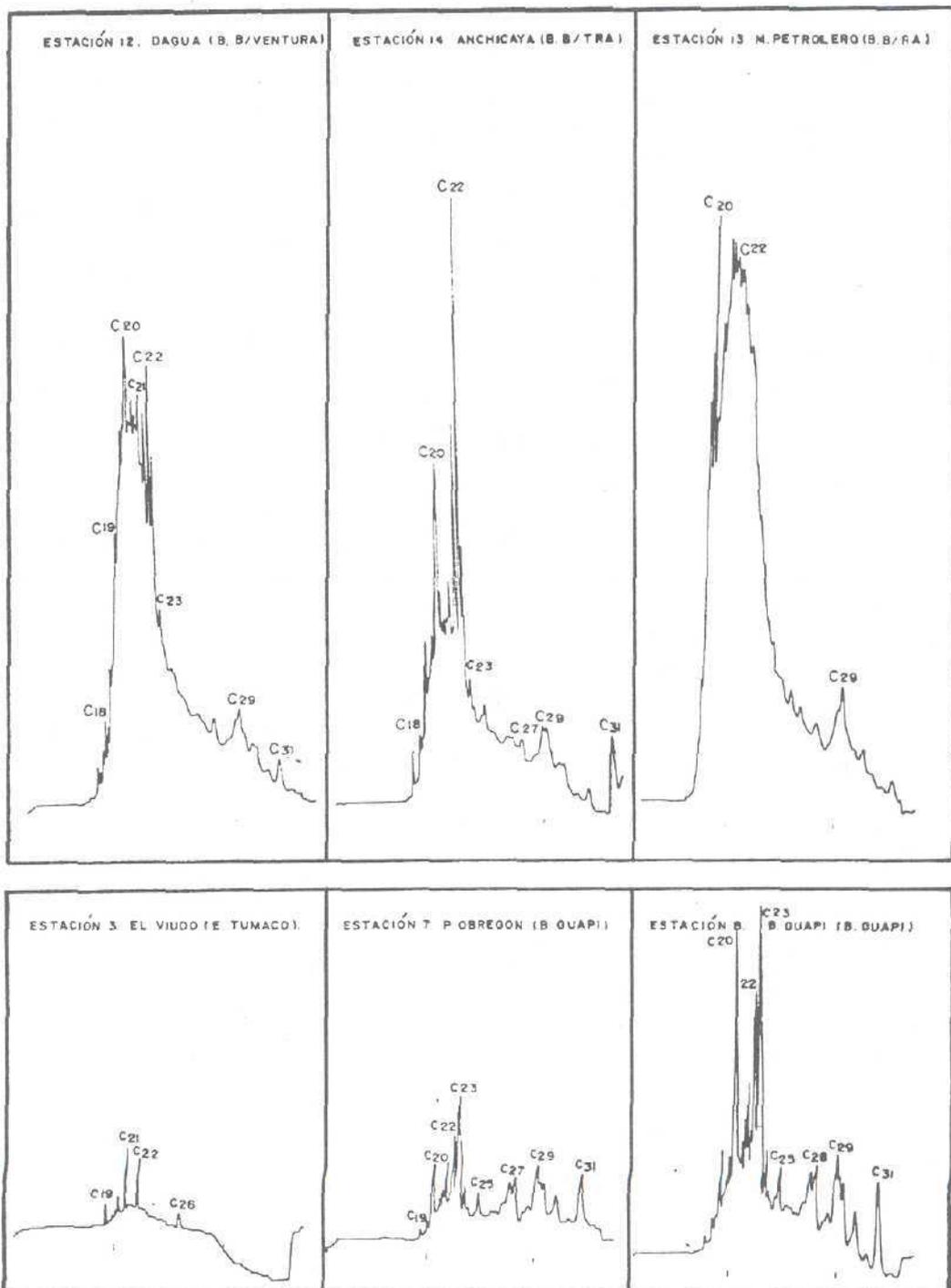


FIGURA 5. Cromatogramas de las n- Parafinas Obtenidas en Sedimentos del Pacífico Colombiano.

mos uno a la altura del C20 y otro a la altura del C29 siendo en este caso mayor la primera que es típica de contaminación petrogénica bastante degradada (Figura 5).

Las estaciones que sobrepasan los 52 Ug/g, que a mi criterio sería máximo permisible, son el Muelle Petrolero, en donde se sobrepasó esta norma en todos los muestreos y el Puente del Pindo con 40.3 Ug/g de promedio y el Pacífico Colombiano presentó una concentración de 16.66 Ug/g.

En la tabla 3 se presentan los resultados de los análisis de hidrocarburos aromáticos mono, di y polinucleares, y totales; alifáticos resueltos y no resueltos, y alifáticos totales acumulados en organismos (HTO), el número de muestras colectadas, el promedio por estación y los promedios por área.

Las mayores concentraciones de hidrocarburos aromáticos (en peso seco), se presentaron en las estaciones: Muelle Petrolero en Buenaventura con 31.68 Ug/g, Puente del Pindo en Tumaco

con 14.70 Ug/g y en Juanchaco en Bahía Málaga con 13.67 Ug/g. (Tabla No. 3).

La mayor concentración promedio con HTO se obtuvo en la Bahía de Buenaventura en la estación 13 ubicada en el Muelle Petrolero con 205.16 Ug/g. (Figura 2), con un rango de variación entre 158 a 289.57 Ug/g. Esta estación tuvo una dispersión de 73.25 Ug/g. Observando un cromatograma de la misma (Figura 6), podemos ver unos picos resueltos muy degradados sobre una gran envolvente con un máximo a la altura del C20. Es muy probable el origen petrogénico de los hidrocarburos detectados por la presencia de fuentes de contaminación en el lugar y por la presencia de altas concentraciones de hidrocarburos aromáticos en especial mono y dinucleares.

Otras altas concentraciones medias de HTO, fueron las registradas en la bahía de Tumaco estaciones No. 1, 3 y 4 con 79.1, 74.45 y 62.29 Ug/g en peso seco, respectivamente, los cromatogramas de la estación 1 presentan picos resueltos pequeños que van del C18 al C31

**TABLA 3.** Concentración de hidrocarburos totales aromáticos más alifáticos en organismos Ug/g (en peso seco), estaciones 1-4E. Tumaco, 7-8. Guapi, 9-10 I. Gorgona, 13-14 B. B/ventura, 17 B. Málaga, 18-20 B. Solano, 21-22 B. Cúpica.

No.	Nombre Estaciones	No Datos	Aromáticos			Aromático		Totales	Prom. Área Totales
			Mon. Di.	Poli.	tot.	Res.	No Res.		
1	Puente Pindo	3	2.08	12.61	14.70	40.86	23.56	79.11	57.59
2	Boyas Ecopetrol	2	0.07	0.22	0.29	10.57	3.67	14.52	57.59
3	Bajo Del Viudo	3	0.75	2.88	3.75	46.21	24.62	74.45	57.59
4	Isla del Gallo	3	1.35	2.39	1.84	31.02	27.52	62.29	57.59
7	Playa Obregon	2	0.73	1.11	1.844	27.84	8.64	38.31	32.94
8	Bocana de Guapi	3	1.73	1.44	3.17	12.92	11.48	27.57	32.94
9	El Horno	3	0.03	0.38	0.41	7.04	4.45	11.76	12.53
10	El Muelle	2	0.10	0.32	0.42	8.10	4.78	13.29	12.53
13	Muelle Petrolero	3	5.93	25.75	31.68	100.26	73.32	205.16	113.32
14	Anchicaya	3	1.01	1.48	2.49	10.41	8.57	21.48	113.32
17	Juanchaco	2	3.95	9.72	31.67	42.63	45.55	101.84	101.84
18	Mecana	3	0.11	9.17	1.51	9.17	4.31	14.98	17.45
20	Guina	3	0.38	1.58	1.95	12.29	5.68	19.92	17.45
21	Chicocora	3	0.60	2.14	2.27	14.38	5.67	22.32	21.72
22	Pajal	3	1.12	1.89	3.00	10.11	8.01	21.12	21.72
Pacífico Colombiano									
E. Tumaco - B. Cúpica		41	1.36	4.60	5.93	25.59	17.32	49.16	51.06

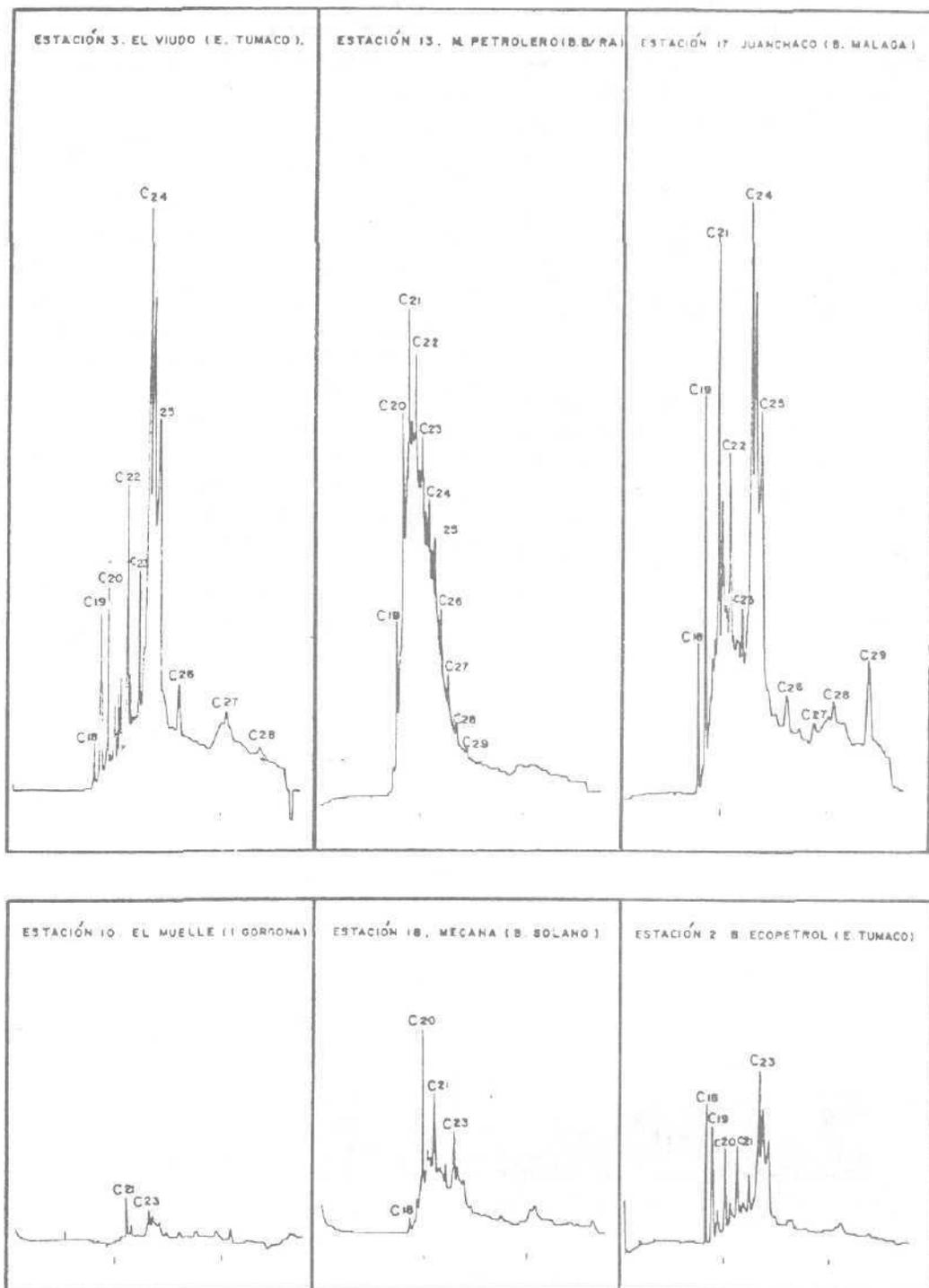


FIGURA 6. Cromatogramas de áas n- Parafinas Obtenidas en Organismos del Pacífico Colombiano.

correspondiendo los mayores picos al C19, C20, C21, C22, y C24, sin predominio de pares o impares, sobre una amplia envolvente (Figura 6). Posiblemente sean hidrocarburos de origen petrogénico, considerando que este sitio está localizado en el Puente que une la Isla de Tumaco con el continente, lugar obligado de cruce de lanchas con motor fuera de borda y de intercambio de las aguas contaminadas de la Bahía Interna de Tumaco, donde vierten sus residuos emisores de la ciudad, gasolineras, industria maderera y, lo más importante, los 42.000 l/día de aguas residuales provenientes de la terminal de Ecopetrol (Marrugo, 1992).

Las concentraciones promedias más bajas de HTO (Tabla 3), obtenidas en el presente estudio, se registraron en las estaciones No. 9 y 10 ubicadas en la Isla Gorgona, y las 18 y 2 de Bahía Solano y la Ensenada de Tumaco (Figura 1, 2). Sus valores medios fueron de 11.76, 13.29, 14.98 y 14.52 Ug/g (en peso seco), respectivamente. Los anteriores valores pueden servir de comparación para eva-

luar el grado de contaminación en otros sitios de la zona. Algunos de sus cromatogramas se pueden observar en la figura 6, donde se puede apreciar la variación en el tamaño de la envolvente a medida que van cambiando las condiciones de las estaciones de estuarinas a oceánicas.

Al no existir estudios a nivel nacional o internacional sobre niveles permisibles de hidrocarburos en organismos, que permitan sustentar algunas hipótesis, reportamos algunos datos sobre estudios similares en bivalvos como por ejemplo: Costa Española 18 - 810 Ug/g., Costa de California 9 - 410 Ug/g (Rosebrough R, W. *et al*, 1983), 39,2 - 348 Ug/g en la Costa de Kuwaiti (Anderlini *et al*, 1981), que pueden servir como referencia. Nuestras concentraciones en organismos estuvieron entre 11.76 - 205.16 Ug/g con un promedio de 51.06 Ug/g, valor este superior al obtenido para el Caribe Colombiano de 49.71 Ug/g (Garay *et al*, 1990).

Las estaciones que sobrepasan los 71 Ug/g, que a mi criterio sería el máximo permisible son,

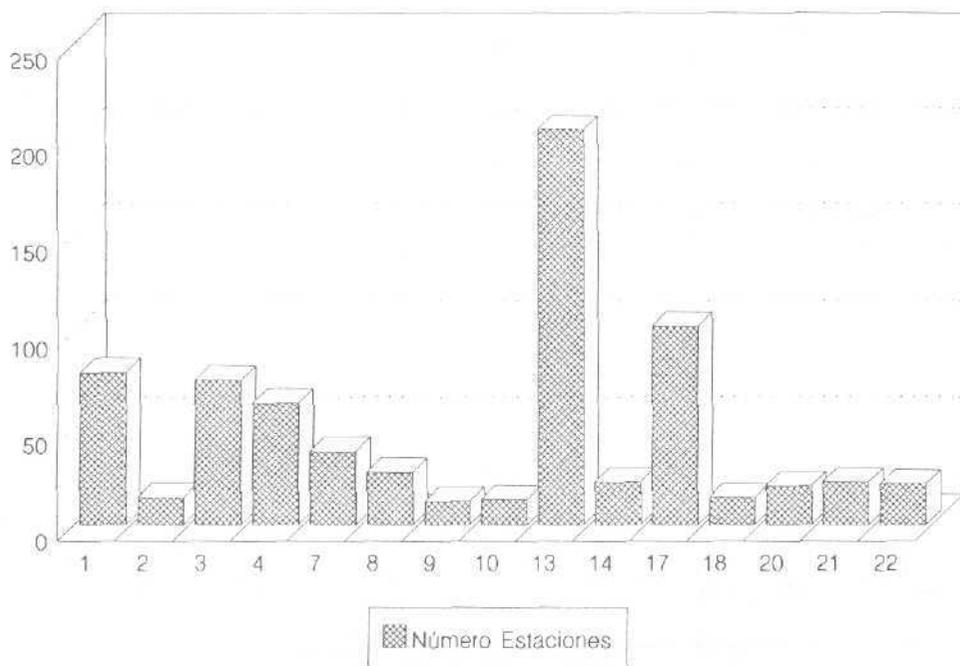


FIGURA 7. Variación Concentración Hidrocarburos Aromáticos mas Alifáticos en Organismos. Promedio total por estación.

en la Ensenada de Tumaco, la estación Puente del Pindo y el Viudo, en Buenaventura las estaciones Muelle Petrolero, y en la Bahía Málaga Juanchaco (Figura 7).

## CONCLUSIONES

Después de analizados los resultados de las concentraciones de hidrocarburos en aguas obtenidas en más del 95% del área Costera Pacifico Colombiano, los valores encontrados están muy por debajo del límite acogido como norma internacional, de 10 Ug/1, para aguas superficiales libres de contaminación.

En general las concentraciones de hidrocarburos en los tres medios estudiados: aguas, sedimentos y organismos, son mayores en la Bahía de Buenaventura, y en orden descendente le siguen la Ensenada de Tumaco, Bahía Málaga, Bahía Guapi, Bahía Cupica, Bahía Solano e Isla Gorgona.

Se ha encontrado correlación directa entre los niveles de hidrocarburos en sedimentos y organismos siendo mayores los HTO, en algunos casos ostensiblemente.

Las concentraciones de HTS y HTO, como era de esperarse, tuvieron sus más altos valores en las áreas con mayor influencia humana debido al uso de petróleo y sus derivados, como son el Puente del Pindo en la Bahía Interna de Tumaco, el Muelle Petrolero en la Bahía de Buenaventura y Juanchaco en Bahía Málaga; por el contrario, la falta de actividad industrial y escasos asentamientos humanos en las áreas de Gorgona, Bahía Solano y Cupica, las hacen libres de contaminación por hidrocarburos.

La mayoría de las muestras analizadas presentan claros indicios de hidrocarburos de origen biogénico, es decir predominio de n-alcenos con números de carbonos impares, correspondiendo los mayores picos al C19, C21, C23 y C29, lo que es propio de sedimentos marinos de origen continental así como de zonas libres de contaminación de petróleo.

Los resultados sobre HTO del presente estudio, son la base científica, indispensable, para fu-

turos estudios de monitoreo, impacto ambiental y tasas de bioacumulación en organismos indicadores. Además es un medio para determinar puntos calientes o áreas críticas, en el Litoral Pacifico Colombiano.

El Muelle Petrolero y el Puente del Pindo presentaron valores muy altos de contaminantes y se pueden considerar como "puntos críticos" por contaminación con petróleo a escala mundial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderlini, V. C. *et al* 1981. Distribution of Hidrocarbuns in the oyster Pincalada margaritifera, along the coast of Kuwait. Citado por Farrington, J. W., A. C. Davis, N. M. W.A., C. Davis, N.M. Frew y A. Knap. 1988. ICES/IOC Intercomparison exercise on the determination of petroleum hydrocarbons in biological tissues (mussel hogenate) Global oil Polution, resultados de Mapmopp. 1991.
- Barry, A. W. 1987. Origin, nature and effects of oil pollution in Kingston Harbour, Jamaica.
- Botello, A, S. Villanueva, A. Mendelewicz. 1978 - 1984. Programa de vigilancia de los hidrocarburos fósiles en los sedimentos del Golfo de Méjico y Caribe Mejicano.
- Bruhn, C., V. Duke, O. Lecaros, A. Marrugo, S. Sonnerholzner. 1987. Informe del Curso Regional CPPS/PNUMA/COI "Técnicas Analíticas para la determinación de Hidrocarburos de Petróleo en Organismos y Sedimentos Marinos en el Pacifico Sudeste". pp. 23.
- Burns, C. 1982. Survey of Tar, Hydrocarbons and Metal Pollution in the Coastal Waters of Oman *Mar. Bull* 13: 240 - 247.
- Celis, A., M. Botello, A. Mendelewicz y G. Díaz. 1987. Actividades del proyecto CARIPOL en la zona costera de Méjico: I. Hidrocarburos disueltos. Méjico.
- CPPS/UNESCO/COI., 1982. Manual y Guía. "Determinación de los Hidrocarburos del Petróleo en los en los sedimentos ". Noruega.
- Escobar, J. 1987. Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina por Hidrocarburos del Petróleo en el pacifico Sudeste dentro del Marco

del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras. CPPS.

Farrington, J. W. y J. G. Quinn. 1973. Petroleum Hydrocarbons in Narraganset Bay: Survey of Hydrocarbons in Sediments and Clams.

Garay, J., y J. A. Castro. 1990. Avances del Programa Caripol Colombia. 1985-1990. Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.

Global Oil Pollution. 1981. Resultados de MAP-MOPP.

Marrugo, A. 1992. Informe análisis de hidrocarburos en aguas y sedimentos de las piscinas de oxida-

dación y aguas residuales del Terminal de Ecopetrol en Tumaco.

Martínez, C. M. y M. B. Martínez. 1987. Distribución de hidrocarburos aromáticos polinucleares en el litoral norte de las provincias de la Habana y Matanzas. Cuba.

NOAA. 1990. Capital environmental quality in the United States, Chemical contamination in sediment and tissues .

UNESCO. 1976. Intergovernmental Oceanographic Commission And World Meteorological Organization Manuals and Guides No. 7. Guide to Operational Procedure for the igoss Pilot Project in Marine Pollution (Petroleum Monitoring).