

## Hidrocarburos alifáticos en sedimentos de fondo marino en el estrecho de Magallanes y canal Beagle

Aliphatic hydrocarbons in the marine sediments of the strait of Magellan and the Beagle channel

Octavio Lecaros, Rubén Juan y Manuel Lorenzo

Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes. Casilla 113-D. Punta Arenas, Chile.  
olecaros@aoniken.fc.umag.cl

### RESUMEN

En muestras de sedimentos marinos de 36 estaciones ubicadas en el estrecho de Magallanes y canal Beagle, se encontraron hidrocarburos alifáticos con cadenas de 14 a 37 átomos de carbono. Estos fueron analizados por cromatografía gaseosa, utilizando columna capilar provista de un detector de ionización de llama (DIL) e inyector "on column". La concentración de los hidrocarburos totales varió entre 0,54 y 53,15  $\mu\text{g/g}$ . Aproximadamente, el 50% de las estaciones muestreadas presentaron características propias de una contaminación reciente y el 30% restante, indicios claros de contaminación crónica, todas ellas localizadas en el estrecho de Magallanes. Los sedimentos recolectados en el canal Beagle mostraron aportes antropogénicos bajos.

Palabras clave: cromatografía gaseosa, hidrocarburos, sedimento marino, estrecho de Magallanes, canal Beagle, Chile.

### ABSTRACT

Aliphatic hydrocarbons with chains of 14 to 37 carbon atoms were found in samples of marine sediments of 36 sites located in the strait of Magellan. The concentration of hydrocarbons was determined by gas chromatography with capillar column using flame ionization detector (FID) and "on column" injector. The amount of total hydrocarbons varied from 0.54 to 53.15  $\mu\text{g/g}$ . Approximately, 50% of sites showed recent pollution and 30% noticeable chronic pollution, all of them located in the strait of Magellan. The samples from the Beagle channel presented a low antropogenic contribution.

Key words: Gas chromatography, hydrocarbons, marine sediment, strait of Magellan, Beagle channel, Chile.

### INTRODUCCION

En este estudio se cuantifican los niveles de concentración de hidrocarburos presentes en sedimentos marinos de las áreas subantárticas del estrecho de Magallanes y canal Beagle, resultantes de las diferentes actividades antrópicas y aportes biogénicos. Además, se inicia la confección de un catastro preliminar de su origen. La presencia de hidrocarburos en los sedimentos marinos ha recibido especial atención por la importancia que tienen en la comprensión del problema de la contaminación marina. Los sedimentos pueden utilizarse como indicadores de contaminación por petróleo crudo (Farrington 1985). Además, se sabe que los sedimentos marinos presentan tasas mayores de hidrocarburos que la columna de agua, proporcionando un antecedente histórico de los

niveles de contaminación de un área en particular (Grimalt *et al.* 1984).

Las especies de hidrocarburos encontradas en los sedimentos marinos son numerosas, incluyendo las de origen natural y/o sintéticos. Estos hidrocarburos se incorporan en el ambiente por biosíntesis, procesos geoquímicos y aportes antropogénicos. Es difícil diferenciar los compuestos orgánicos recientes de los acumulados en el tiempo, como también, distinguir los hidrocarburos fósiles de los nativos o biosintetizados, ya sean recientes o acumulados. La dilucidación del contenido de hidrocarburos tiene gran importancia tanto por el daño potencial que representan para la salud humana como para el ecosistema (Farrington & Meyer 1975).

Desde 1974 a la fecha, han contribuido gradualmente a la contaminación del estrecho de Magallanes, los importantes derrames de petróleo del "Metula", "Cabo Pilar", "Oshima Spirit", etc., como también los trabajos que desde 1978 realiza la Empresa Nacional de Petróleo (ENAP) en las plataformas "costa afuera", las que en forma accidental vierten crónicamente hidrocarburos en el estrecho, y la permanente evacuación de RILES en el mismo (Lecaros & Astorga 1993). Contribuyen además, las 1800 naves que anualmente cruzan el estrecho, algunas de las cuales, clandestinamente alijan sus aguas de lastraje antes de arribar a los terminales petroleros. Se suma a esta contribución, la adicionada por la flota pesquera que utiliza el puerto de Punta Arenas para transbordar sus productos de pesca. La acción conjunta de todos estos agentes incorpora residuos de hidrocarburos fósiles en las aguas del estrecho de Magallanes (Lecaros & Astorga 1993).

Los hidrocarburos n-alcános biogénicos contienen principalmente moléculas con carbonos impares, y normalmente se encuentran en las plantas terrestres. También son producidos por los organismos del sedimento marino y, en menor proporción, por el plancton y algas del bentos (Clark & Blumer 1967). Son numerosos los investigadores que han informado también de la presencia de hidrocarburos isoprenoides en el ambiente marino (Lee *et al.* 1972). En una mezcla de petróleo derramado, especialmente los n-alcános de peso molecular mayor a n-C<sub>44</sub>, son biodegradadas e intemperizadas por cambios químicos y biológicos. Pero, tanto el pristano como el fitano son biodegradados más lentamente (Atlas 1981). Al respecto, la relación C<sub>17</sub>/pristano es utilizada por Kennicutt *et al.* (1983) y también por Readman *et al.* (1986), para identificarlos.

Los estudios realizados por científicos italianos consideran al estrecho de Magallanes formado por tres subcuencas: la oriental (con influencia atlántica), la central (con influencia atlántica-pacífica y de ventisqueros) y la

occidental (con influencia pacífica) (Brambati *et al.* 1991). En las dos últimas, así como en el canal Beagle se localizan los sitios de muestreo de este trabajo (Lecaros & Lorenzo 1994).

## MATERIALES Y METODOS

Se analizó el contenido de hidrocarburos alifáticos (f<sub>1</sub>) en 36 muestras de fondo marino del estrecho de Magallanes, recolectadas durante el crucero oceanográfico realizado en el barco italiano "N/R OGS Explora" entre marzo y abril de 1991. El mapa con la distribución de las estaciones muestreadas se presenta en la Figura 1.

Las muestras húmedas fueron colocadas en bolsas de polietileno y conservadas en congelador a -43°C hasta el momento de su procesamiento en el laboratorio. Los sedimentos, previamente descongelados, fueron lavados con agua desionizada y centrifugados durante 5 minutos a 3000 rpm.

Muestras de 20 a 25 g del sedimento (peso húmedo), fueron extraídas con CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> en un extractor Soxhlet durante doce horas. Luego, los extractos fueron concentrados en un evaporador rotatorio y finalmente diluidos con 2 ml de n-hexano previamente destilado.

La purificación de los hidrocarburos alifáticos extraídos se efectuó en una columna de vidrio empacada con gel de sílice/alúmina. El gel de sílice (5 g) fue activado a 170°C durante 12 horas y desactivada en un 5% con agua. Este se colocó en la columna sobre lana de vidrio y virutas de cobre. La alúmina (3 g) activada a 400°C durante 4 horas y desactivada en 1% se puso sobre la sílice. Los extractos de cada una de las muestras fueron transferidos a las columnas preparadas y eluidas en cada caso, con 25 ml de n-hexano para extraer (f<sub>1</sub>). Las fracciones obtenidas, en cada ocasión, se concentraron y secaron con nitrógeno purificado seco y se guardaron finalmente en frascos de vidrio.

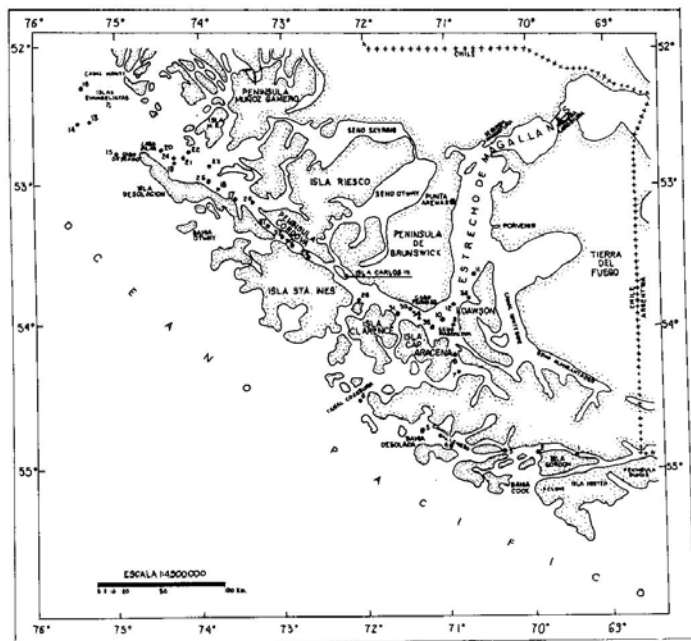


Figura 1. Estaciones de recolección de sedimentos marinos en el estrecho de Magallanes y canal Beagle  
 Figure 1. Sampling locations of marine sediments in the strait of Magellan and Beagle channel.

La cuantificación de los hidrocarburos de cada fracción ( $f_i$ ) se realizó en un cromatógrafo Shimadzu GC-9A equipado con procesador de datos Chromatopac CR-3A, detector de ionización de llama e inyector "on

column". Provisto, además de una columna capilar de sílice fundida Shimadzu de 25 m, empacada con fases OV-1 y SE-30, de diámetro interior 0,33 mm y manteniendo un flujo de helio de 25 ml/min. Las muestras

fueron inyectadas con una microjeringa provista de aguja de sílice fundida y manteniendo un programa de temperatura de 60 a 300°C (12°C/min). La concentración de la mezcla UCM se calculó midiendo su área con un planímetro Aristo-Werke, Modelo Aristo 1100.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados de los hidrocarburos encontrados en las diferentes estaciones de muestreo tanto en el estrecho de Magallanes como en el canal Beagle. El estudio y comparación de los cromatogramas obtenidos, ha permitido efectuar una clasificación para establecer el probable origen de los hidrocarburos hallados en las muestras de sedimentos, siguiendo la metodología utilizada por Kennicutt *et al.* (1992) y Burns & Smith (1977). Por la forma que presentan los cromatogramas, los hemos separado en los grupos A, B y C.

Las concentraciones de los hidrocarburos totales ( $f_i$ ) que se muestran en las Tablas 1, 2 y 3, oscilan entre 0,54 a 53,15  $\mu\text{g/g}$  peso húmedo. Los resultados tabulados en un trabajo de este tipo presentan cierto nivel de incertidumbre, pues según Farrington (1988) al referirse al programa ICES/IOC, considera que la precisión se ve afectada por tres causas: primero, la señal pequeña del pico del *n*-alcano en relación a la UCM; segundo, las interferencias que producen los alcanos en las muestras al determinar los *i*-C<sub>15</sub>, *i*-C<sub>16</sub> e *i*-C<sub>18</sub> los cuales presentan tiempos de retención inferiores a los *n*-alcanos de igual número de átomos de carbono (Kennicutt *et al.* 1983) y tercero, la contaminación que se introduce frecuentemente en los laboratorios durante el período de análisis.

La Tabla 4 exhibe un resumen de los resultados que se presentan en las Tablas 1, 2 y 3. Al comparar los resultados de los grupos A, B y C se observa un incremento considerable en la concentración de los hidrocarburos

resueltos. En ésta, también se aprecia que aumenta el rango del número de átomos de carbono de las cadenas respectivas al pasar de A a C. En las muestras seleccionadas en B y C se encuentran hidrocarburos con 36 y 37 átomos de carbono, lo que indicaría la presencia probable en esas áreas de lubricantes y otras fracciones pesadas del petróleo.

El pristano está presente en todas las estaciones del grupo C menos una del B y sólo en dos del grupo A. Sin embargo, el fitano se encuentra en 5 de las 9 estaciones del grupo B, en 2 de 10 del A y solamente en 3 de 17 del C. La presencia de pristano y fitano en este tipo de muestras explica la presencia de hidrocarburos fósiles (Albaigés *et al.* 1982). Por otra parte, al analizar los resultados obtenidos con la aplicación de la relación C<sub>17</sub> / PRI a las muestras estudiadas, especialmente a las del grupo C con valores menores a 1,0 se demostraría que la mayor parte de estos sedimentos marinos, habrían sufrido un proceso de intemperización. Además, los valores bajos que resultan, al aplicar la relación UCM/TRA a los grupos B y C, evidencian su origen de naturaleza antropogénica (Stephanou *et al.* 1993).

Al emplear la relación PAR/IMPARG se obtiene información vinculada al aporte que normalmente hacen las plantas terrestres superiores. Sin embargo, es más esclarecedor utilizar las relaciones: CPI (C<sub>14</sub>-C<sub>26</sub>) y CPI (C<sub>27</sub>-C<sub>38</sub>), pues separa la relación PAR/IMPARG en dos tramos, uno sin influencia de hidrocarburos de las plantas superiores y otro que la considera. Luego, al observar los resultados de los hidrocarburos ordenados en C, se advierte que el pico de mayor concentración corresponde a un hidrocarburo con número par de átomos de carbono (C<sub>20</sub>), lo cual implica una evidente contribución antropogénica presente en los sedimentos. En cambio, los sedimentos que integran los grupos A y B contienen hidrocarburos aportados por plantas superiores cerosas y de la turba costera, lo que explicaría

la elevada concentración de los hidrocarburos  $C_{25}$ ,  $C_{27}$  y  $C_{29}$ , y los valores altos del CPI ( $C_{27}-C_{38}$ ). Al comparar las distintas correlaciones presentadas en la Tabla 4 que resume los intervalos de concentración de hidrocarburos en los sedimentos estudiados, se puede concluir lo siguiente:

1. Las estaciones del grupo A presentan valores bajos en hidrocarburos totales ( $f_1$ ) y salvo las estaciones 3 y 10, están intemperizadas y no evidencian contaminación reciente. Además, la ausencia de fitano y pristano refuerza el hecho de la escasa presencia de hidrocarburos petrogénicos. Estas corresponderían a las estaciones del grupo A, localizadas en el canal Beagle y canal Ballenero (estaciones 1 a 5), canal Cockburn y seno Magdalena (estaciones 7, 8 y 10) y al norte de isla Dawson (estación 11), cuyos valores varían entre 0,54 y 1,87  $\mu\text{g/g}$  y que además, son estaciones con una clara influencia biogénica. Aunque presentan valores bajos en hidrocarburos, no están exentas de la contribución antrópica.

2. Los valores más elevados corresponden a las estaciones agrupadas en C, las que se encuentran distribuidas desde cabo Froward hasta isla Desolación, incluyendo la península de Córdova (estaciones 21 a 35), la estación 6 (canal Cockburn) y las estaciones 9 y 36, cercanas a

la isla Dawson. Las principales fuentes de contaminación, tendrían origen en el aporte de naves durante su paso por el estrecho de Magallanes, algunas de las cuales, en forma clandestina aljarian sus aguas de lastraje antes de arribar a los terminales petroleros, como también la contribución en desechos con hidrocarburos de la flota pesquera que igualmente utiliza esta vía. La mayor parte de los sedimentos de las estaciones agrupadas en C no muestran contaminación reciente, pero sí poseen una alta concentración en hidrocarburos intemperizados. Las estaciones 9, 22, 26, 32, 35 y 36 presentan contaminación crónica. Es notable que los sedimentos de las estaciones 28 y 29, las más cercanas a la zona de derrame del B/T "Cabo Pilar", presenten concentraciones bajas en hidrocarburos totales.

3. Los resultados observados en las muestras de sedimentos de las estaciones del grupo B corresponden a valores intermedios, ubicadas entre isla Dawson y cabo Froward (estación 12) y desde isla Desolación hasta la boca occidental del estrecho de Magallanes (estaciones 13 a 20). Probablemente sean afectadas por un efecto de dilución al recibir aguas del océano Pacífico; estos valores corresponderían a los que normalmente se encuentran en contaminaciones recientes, exceptuando a la estación 18.

Tabla 1. Grupo A. Concentración de hidrocarburos alifáticos en sedimentos (ng/g peso húmedo) del estrecho de Magallanes y canal Beagle.

Table 1. Group A. Aliphatic hydrocarbons concentration in sediments (ng/g wet weight) of the strait of Magellan and Beagle channel.

Compuesto	Estación									
	1	2	3	4	5	7	8	10	11	25
C15	--	--	--	--	--	--	0,4	--	--	--
C16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C17	--	--	--	2,6	1,5	3,5	6,4	3,9	3,3	--
PRI	--	--	0,9	--	--	--	--	1,0	--	--
C18	--	--	6,4	0,7	0,6	3,2	1,4	1,7	--	0,6
PHY	--	--	--	--	--	2,5	--	1,8	--	--
C19	--	3,5	28,0	--	0,9	4,4	0,7	3,4	0,7	1,3
C20	--	0,5	24,8	--	0,4	5,9	0,7	5,9	--	--
C21	--	--	24,5	--	--	5,3	0,7	5,6	--	1,6
C22	--	--	37,9	0,5	1,3	3,5	0,8	5,4	--	3,7
C23	0,5	1,2	26,7	1,0	1,7	2,0	1,0	2,4	--	2,4
C24	0,4	0,3	15,0	0,3	0,4	0,5	0,7	0,6	--	0,4
C25	3,5	16,8	36,9	--	1,2	1,8	20,2	2,1	--	204,1
C26	2,4	3,9	22,3	1,1	1,8	1,4	7,7	3,0	1,7	--
C27	3,4	1,7	5,8	0,9	1,2	2,0	3,3	1,7	0,7	1,6
C28	3,3	0,8	1,7	--	0,9	1,6	2,8	1,6	--	1,6
C29	8,7	3,4	2,1	7,8	4,8	11,2	7,9	8,4	3,3	17,2
C30	4,3	0,6	0,7	--	--	1,7	5,0	1,5	--	1,9
C31	1,5	1,0	0,9	0,6	1,0	2,4	1,2	0,7	0,5	1,1
C32	--	--	--	--	--	0,6	0,5	--	--	0,7
C33	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,5
HC no identif.	-	-	12,4	-	-	-	-	-	-	0,8
HC Resueltos	28,0	33,8	247,1	15,5	17,6	53,4	61,5	50,8	10,2	239,5
UCM	686,4	1703,7	1626,3	822,5	938,6	758,6	997,9	925,2	526,3	1301,0
HC Totales	714,4	1737,5	1873,4	838,0	956,2	812,0	1059,3	975,9	536,5	1540,5
PAR/IMPAR	0,6	0,2	0,9	0,2	0,4	0,6	0,5	0,7	0,2	0,0
CPI(C14-C26)	1,4	4,5	1,1	1,4	1,2	1,2	2,6	1,0	2,4	45,1
CPI(C27-C38)	1,8	4,2	3,7	--	7,7	4,1	1,5	3,5	--	4,9
UCM/TRA	24,5	50,4	6,6	53,2	53,2	14,2	16,2	18,2	51,6	5,4
C17/PRI	--	--	--	--	--	--	--	4,1	--	--

CPI = relación de hidrocarburos, impar/par. PRI = pristano. PHY = fitano.

UCM = mezcla compleja no resuelta.

TRA = alifáticos totales resueltos.

Tabla 2. Grupo B. Concentración de hidrocarburos alifáticos en sedimentos (ng/g peso húmedo) del estrecho de Magallanes y canal Beagle.

Table 2. Group B. Aliphatic hydrocarbons concentration in sediments (ng/g wet weight) of the strait of Magellan and Beagle channel.

Compuesto	Estación								
	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C15	--	0,2	--	0,5	4,4	--	1,3	--	--
C16	--	--	--	--	0,3	--	--	--	--
C17	6,5	12,1	6,1	10,9	9,0	5,7	0,9	16,4	23,1
PRI	6,0	0,9	0,8	0,7	0,5	1,0	4,8	--	1,3
C18	22,4	1,7	1,6	1,6	1,0	6,8	14,1	0,5	1,7
PHY	8,1	0,4	--	0,8	--	4,7	8,5	--	--
C19	31,6	2,8	1,9	2,1	1,2	11,1	27,0	0,7	3,7
C20	33,6	2,3	3,4	1,8	1,2	16,3	27,4	1,1	10,9
C21	33,9	5,4	9,9	8,8	3,2	23,7	43,5	6,2	21,6
C22	31,8	16,0	21,1	23,9	10,7	30,5	64,1	11,6	39,1
C23	29,6	27,5	34,2	38,7	20,0	39,4	82,3	17,5	55,1
C24	21,3	29,8	36,7	40,8	21,9	34,4	82,4	18,4	56,4
C25	74,0	119,4	148,5	157,1	96,8	123,1	257,4	75,7	200,3
C26	31,8	107,6	136,4	142,2	87,0	106,2	229,5	73,3	179,4
C27	40,4	99,0	129,4	127,5	82,3	99,0	212,0	73,6	161,2
C28	34,9	86,2	121,4	111,3	76,8	88,6	180,9	69,5	145,4
C29	84,7	153,0	121,3	142,2	94,5	98,1	204,3	77,8	141,8
C30	42,3	62,4	89,0	79,7	62,3	71,7	132,4	57,7	102,2
C31	34,1	41,1	62,5	51,6	42,1	52,5	97,2	42,3	70,4
C32	18,0	15,5	42,3	30,6	28,6	34,7	67,1	28,1	44,2
C33	8,6	7,2	27,3	13,7	17,2	22,7	47,1	16,5	24,1
C34	--	4,4	6,6	5,1	4,9	5,1	22,1	3,9	6,7
C35	--	3,2	3,8	3,6	3,1	2,9	6,5	2,2	5,0
C36	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C37	--	2,0	--	2,3	--	--	--	--	4,3
HC No Identif.	44,7	6,2	20,1	14,1	8,2	24,6	42,9	15,5	9,9
HC Resueltos	638,3	806,3	1024,4	1011,6	677,3	902,7	1855,6	608,5	1307,9
UCM	1830,0	1676,6	3080,2	2057,0	1387,7	1809,6	2810,9	1540,5	2526,4
HC Totales	2468,3	2482,9	4104,6	3068,5	2065,0	2712,3	4666,5	2149,0	3834,2
PAR/IMPAR	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CPI(C14-C26)	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
CPI(C27-C38)	1,8	1,8	1,3	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4
UCM/TRA	2,9	2,1	3,0	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5	1,9
C17/PRI	1,1	13,0	7,7	15,5	18,5	5,6	0,2	--	17,4

CPI = relación de hidrocarburos, IMPAR/PAR. PRI = pristano. PHY = fitano. UCM = mezcla compleja no resuelta.

TRA = alifáticos totales resueltos.

Tabla 3. Grupo C. Concentración de hidrocarburos alifáticos en sedimentos (ng/g peso húmedo) del estrecho de Magallanes y canal Beagle.

Table 3. Group C. Aliphatic hydrocarbons concentration in sediments (ng/g wet weight) of the strait of Magellan and Beagle channel.

Compuesto	Estación								
	6	9	21	22	23	24	26	27	28
C14	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C15	0,3	--	0,2	--	--	--	--	--	--
C16	1,7	--	1,2	1,9	--	1,5	2,8	0,2	--
C17	35,8	5,3	25,2	35,5	7,1	34,9	68,5	19,4	--
PR1	89,1	0,9	64,8	103,3	22,6	103,6	28,1	40,9	3,4
C18	--	3,5	--	--	--	--	152,1	107,1	--
PHY	--	1,2	--	--	--	--	96,5	--	17,1
C19	--	1,2	692,6	--	319,8	1099,1	257,0	367,0	82,8
C20	1348,1	4,4	466,7	1568,5	208,4	812,0	417,4	359,5	103,3
C21	669,1	8,0	479,8	820,2	147,8	751,6	408,7	335,0	75,6
C22	661,0	18,2	446,2	745,8	194,4	748,7	383,0	346,9	122,9
C23	926,4	32,9	317,1	723,9	254,2	657,1	430,6	440,4	232,1
C24	174,0	34,6	204,3	474,5	56,3	211,0	205,4	178,8	100,2
C25	1532,2	228,6	617,3	1105,2	428,8	1759,6	648,7	511,9	412,3
C26	565,7	186,7	395,6	657,3	170,3	778,2	434,5	325,7	253,1
C27	453,9	250,2	295,3	513,7	129,0	527,5	321,4	238,5	209,3
C28	334,7	225,6	178,7	394,1	76,9	397,9	257,8	180,3	167,3
C29	281,8	821,0	241,8	323,7	106,2	327,0	219,6	155,0	122,7
C30	180,7	--	123,8	210,1	54,1	211,1	155,4	96,2	83,2
C31	120,1	--	82,1	136,3	34,9	150,6	93,6	66,0	102,6
C32	133,5	--	55,8	95,0	20,1	94,8	58,2	42,5	33,6
C33	--	48,5	37,1	62,2	8,8	66,5	36,9	27,4	19,1
C34	15,3	5,8	--	20,3	--	22,6	8,9	6,4	7,6
C35	--	--	--	--	--	--	1,2	--	0,7
C36	--	--	--	--	--	--	--	--	0,6
HC No Identf.	--	12,3	469,1	327,3	85,0	462,1	91,9	--	150,2
HC Resueltos	7523,4	1888,8	5194,8	8318,9	2324,8	9217,5	4778,2	3845,1	2299,7
UCM	18509,5	4536,1	12701,8	21498,0	5741,6	21432,4	11420,8	9701,0	5231,8
HC Totales	26032,9	6424,9	17896,6	29817,0	8066,4	30650,0	16199,1	13546,1	7531,5
PAR/IMPAR	0,8	0,3	0,7	1,1	0,5	0,6	0,9	0,7	0,7
CPI(C14-C26)	1,2	1,1	1,4	0,8	1,8	1,7	1,1	1,3	1,4
CPI(C27-C38)	1,3	4,8	1,8	1,4	1,8	1,5	1,4	1,5	1,6
UCM/TRA	2,5	2,4	2,4	2,6	2,5	2,3	2,4	2,5	2,3
C17/PR1	0,4	6,1	0,4	0,3	0,3	0,3	2,4	0,5	--

CPI = relación de hidrocarburos, impar/par. PR1 = pristano. PHY = fitano. UCM = mezcla compleja no resuelta. TRA = alifáticos totales resueltos.



Tabla 3. (Continuación) Gupo C.

Table 3. Group C. (Continuation).

Compuesto	Estación							
	29	30	31	32	33	34	35	36
C14	--	--	--	--	--	--	--	0,8
C15	0,2	0,5	--	0,7	--	--	0,3	1,8
C16	1,3	1,8	0,5	4,4	--	0,2	2,2	6,6
C17	26,9	34,3	13,1	61,7	11,2	8,3	35,9	90,0
PRI	72,8	75,0	37,4	146,4	37,7	26,1	89,8	213,9
C18	161,3	--	--	--	--	27,5	--	--
PHY	--	--	--	--	--	--	--	--
C19	579,7	895,0	485,0	--	434,7	298,2	--	--
C20	547,5	576,3	305,0	2099,7	343,7	226,0	1276,7	2753,4
C21	484,2	591,4	316,7	993,2	309,5	236,9	660,4	716,1
C22	549,3	538,7	298,2	1050,9	305,7	216,8	632,8	1029,1
C23	480,9	504,5	255,9	1240,8	299,5	207,8	876,9	1150,5
C24	322,3	330,6	173,6	274,2	153,0	135,9	173,6	382,8
C25	1038,5	1098,4	410,9	1498,3	414,0	366,3	921,8	1945,9
C26	501,7	469,6	251,8	939,8	266,6	216,3	569,2	1185,2
C27	381,3	366,7	184,6	717,7	192,4	143,5	426,2	893,9
C28	284,1	287,0	143,4	542,5	157,6	166,1	263,2	705,8
C29	244,2	235,7	115,4	461,9	126,0	185,6	367,5	565,9
C30	153,0	155,9	73,0	297,0	79,8	101,7	178,3	368,1
C31	108,0	100,8	46,0	206,3	52,6	66,0	125,3	243,3
C32	75,4	66,2	24,3	142,3	34,3	36,8	79,8	164,4
C33	55,0	38,1	6,1	101,4	17,1	13,0	53,7	100,5
C34	21,6	10,2	--	53,3	1,7	--	17,2	35,0
C35	4,5	0,6	--	11,5	--	--	--	--
C36	--	--	--	--	--	--	--	--
HC No identif.	120,3	66,3	122,3	745,3	142,5	81,3	281,6	2886,1
HC Resueltos	6214,1	6443,6	3263,1	11589,2	3379,5	2760,3	7032,5	15439,0
UCM	14377,8	15566,9	8408,0	30031,9	8783,6	6873,4	17783,2	37710,6
HC Totales	20591,9	22010,6	11671,0	41621,1	12163,1	9633,7	24815,6	53149,7
PAR/IMP	0,8	0,6	0,7	1,0	0,7	0,7	0,9	1,1
CPI(C14-C26)	1,3	1,6	1,4	0,9	1,4	1,4	0,9	0,7
CPI(C27-C38)	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,8	1,4
UCM/TRA	2,3	2,4	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4
C17/PRJ	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4

CPI = relación de hidrocarburos, IMPAR/PAR. PRI = pristano. PHY = fitano. UCM = mezcla compleja no resuelta. TRA = alifáticos totales resueltos.

Tabla 4. Intervalos de concentración y de relaciones de átomos de carbono par e impar en cada estación.

Table 4. Concentration ranges and relationships of even and odd carbon atoms in each station.

Compuestos y relaciones	Rango de concentración (ng/g)	Picos de área máxima	Rango de relaciones
<b>Grupo A</b>			
C15-C33	10,2 - 247,1	C25, C29	
UCM	526 - 1704		
PRI	0,9 - 1,0		
PHY	1,8 - 2,5		
PAR/IMPAR			0,0 - 0,9
CPI (C14-C26) *			1,0 - 4,5
CPI (C27-C38) *			1,5 - 7,7
UCM/TRA			5,4 - 53,2
C17/PRI			--
<b>Grupo B</b>			
C15-C37	608,5 - 1855,6	C29, C27	
UCM	1388 - 3080		
PRI	0,5 - 6,0		
PHY	0,4 - 8,5		
PAR/IMPAR			0,7 - 0,8
CPI (C14-C26)			1,0 - 1,2
CPI (C27-C38)			1,3 - 1,8
UCM/TRA			1,5 - 3,0
C17/PRI *			5,6 - 18,5
<b>Grupo C</b>			
C14-C36	1888,8 - 15439,0	C20, C21	
UCM	4536 - 37711		
PRI	5,0 - 90,0		
PHY	1,0 - 96,0		
PAR/IMPAR			0,3 - 1,1
CPI (C14-C26)			0,7 - 1,8
CPI (C27-C38) *			1,3 - 1,8
UCM/TRA			2,3 - 2,6
C17/PRI *			0,3 - 0,5

CPI = relación de hidrocarburos, IMPAR/PAR. PRI = pristano. PHY = fitano.

UCM = mezcla compleja no resuelta. TRA = alifáticos totales resueltos.

(\*) Se excluyó estaciones 25; 4 y 11; 12 y 18; 9 y 26; 9, respectivamente.

## LITERATURA CITADA

- Albaigés J, Algaba, JM Bayona & J Grimalt. 1982. VI<sup>th</sup> Journées Études Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M.: 199-206.
- Atlas, RM. 1981. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective. *Microbiological Reviews* 45: 180-209.
- Brambati, A, G Fontolan & U Simeoni. 1991. Recent sediments and sedimentological processes in the strait of Magellan. *Bollettino di Oceanologia Teorica e Applicata*: 217-259.
- Burns, KA & JL Smith. 1977. Distribution of petroleum hydrocarbons in Westernport Bay (Australia): Result of chronic low level inputs. En: Douglas A. Wolfe (ed), *Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystems and organisms*. Chapter 45: 442-453, Pergamon Press, Londres.
- Clark, RC & M Blumer. 1966. Distribution of n-paraffins in marine organism and sediment. *Limnology and Oceanography* 12: 79-87.
- Farrington, WJ. 1985. Oil pollution: A decade of research and monitoring. Woods Hole Oceanographic Institution, Technical Report: 3-12.
- Farrington, WJ & PA Meyer. 1975. Hydrocarbons in the marine environment. En: G. Egliton (ed), *Environmental Chemistry*. The Chemical Society, Burlington House, Londres 1: 109-137.
- Farrington, WJ, AC Davis, NM Frew & A Knap. 1988. ICES/IOC Intercomparison exercise on the determination of petroleum hydrocarbons in biological tissues (mussel homogenate). *Marine Pollution Bulletin* 19: 372-380.
- Grimalt, J, C Marfil, & J Albaigés. 1984. Analysis of hydrocarbons in aquatic sediments. *International Journal Environmental Analytical Chemistry* 18: 183-194.
- Kennicutt, C, II Mahlon, & JM Brooks. 1983. Relationship between pelagic tar, fluorescence and biological markers in the south Atlantic ocean. *Marine Pollution Bulletin* 14: 335-342.
- Kennicutt, MCH, TJ McDonald, GJ Denoux, & SJ McDonald. 1992. Hydrocarbon contamination on the Antarctic peninsula. I. Arthur harbor-subtidal sediments. *Marine Pollution Bulletin* 24: 499-506.
- Lecaros, PO & MS Astorga. 1993. Presencia de hidrocarburos en chorito (*Mytilus chilensis*) de la costa del estrecho de Magallanes. *Revista Biología Marina, Valparaíso* 28:85-97.
- Lecaros, PO & M Lorenzo. 1994. Presencia de metales pesados en sedimentos del estrecho de Magallanes y del canal Beagle. *Revista Biología Marina, Valparaíso* 29: 127-136.
- Lee, RF, R Sauerheber & AA Benson. 1972. Petroleum hydrocarbons: Uptake and discharge by the marine mussel *Mytilus edulis*. *Science* 177: 344-346.
- Readman, JW, MR Preston & RFC Mantoura. 1986. An integrated technique to quantify sewage, oil and PAH pollution in estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 17: 298-308.
- Stephanou, EG & NE Stratigakis. 1993. Determination of anthropogenic and biogenic organic compounds on airborne particles: flash chromatographic analysis. *Journal of Chromatography* 644: 141-151.