

INFORME

CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS
EN LA ZONA COSTERA DE LA CIUDAD
DE ANTOFAGASTA

ABRIL 2005



UNIVERSIDAD DE
ANTOFAGASTA



Centro Regional de
Estudios Y Educación Ambiental



CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS EN LA ZONA COSTERA DE LA CIUDAD DE ANTOFAGASTA

ABRIL 2005

1. INTRODUCCION

El Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental (CREA) de la Universidad de Antofagasta, cumpliendo el rol de UNIVERSIDAD DEL ESTADO, cuya misión es apoyar el desarrollo social y económico del país, se ha hecho el deber de atender en la medida de sus capacidades, la emergencia conocida como la Contaminación por Hidrocarburos debido a Infiltración de Napas Subterráneas y Subsecuente Descarga en el Sistema Marino-costero en las Costas de la Ciudad de Antofagasta.

En el mes de Abril del presente año (2005), académicos del CREA, dieron a conocer a la comunidad, en la persona del Señor Alcalde de la Comuna, de la infiltración que estaba aflorando en el sector costero a unos 100 m al Norte del Parque Pablo Neruda, en el área de los Terminales Marítimos de Combustibles.

Atendida a emergencia por la Autoridad Marítima, se descubrió que existía una cantidad apreciable de agua de napas con altos contenidos de hidrocarburos, las que estaban descargando en más de un punto, a las aguas costeras adyacentes.

Autoridades Regionales han abordado la emergencia en diversos aspectos y determinado la existencia de las infiltraciones y presencia de hidrocarburos en el subsuelo. Se ha acometido acciones de succión de aguas de napas contaminadas y medidas de mitigación para reducir el acceso de éstas al mar. No obstante, las aguas marinas y es probable que también la biota haya sido afectada, lo que debería motivar acciones de protección de las personas en su relación con los productos del mar y el contacto directo con las aguas contaminadas.

Como un paso adicional en la comprensión de esta emergencia, El Centro Regional de estudios y Educación Ambiental, entrega a la Comunidad de Antofagasta, autoridades del sector y a quienes lo requieran, este informe sobre los hechos relatados, en lo relativo a la presencia de hidrocarburos en el medio acuático marino-costero.

Antecedentes del Compuesto Vertido

Los productos derivados del Petróleo, en general son mezclas complejas de hidrocarburos (HC) tipo n-alcanos, alcanos ramificados, ciclo alcanos e hidrocarburos aromáticos (mono y polibencénicos), y pueden contener metales pesados como Pb, V, Ni, Co, Fe. (Orozco, 2002).

Se reconocen dos grandes grupos de hidrocarburos: a) los HIDROCARBUROS ALIFATICOS (*HAL*) y b) los HIDROCARBUROS AROMATICOS (*HAR*). Los HAL, son sustancias de cadena abierta y también cíclicas (alcanos, alquenos, alquinos y alifáticos cíclicos) y los HAR son aquellos cuya base estructural es el anillo bencénico (benceno) y



dependiendo del número de anillos, pueden ser HIDROCARBUROS MONOAROMÁTICOS (MAHs), incluidos la mezcla BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y Xileno; French McCay et al, 2004), y los HIDROCARBUROS POLICICLICOS AROMÁTICOS (HAPs), los que están compuestos por dos o más anillos bencénicos condensados (Orozco, 2002), como el Naftaleno (2 anillos), Fenantreno (3 anillos) y Antraceno (3 anillos).



Con relación a los aspectos medio ambientales de la presencia de HC en ambientes naturales, fuera de control, los compuestos monocíclicos como benceno, xileno, tolueno, todos componentes de combustibles, poseen propiedades carcinogénica (Maltoni, 1997). La NOAA (Nacional Oceanic an Atmospheric Administration www.noaa.gov), en el documento "Screening Quick Referente Tables for Organics¹", entrega como referencia la concentración de 0.7 mg/l de Benceno, para producir efectos crónicos como criterio de Calidad de Agua de Mar.

Relativo a los HAPs, la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos (EPA) incluyó 16 de éstos en la lista de contaminantes prioritarios: naftaleno, acenaftileno, acenaftaleno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benz(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, dibenzo(ah)antraceno, benzo(ghi)perileno, y indeno(1,2,3-cd)pireno. La mayoría de estos compuestos están clasificados como 2B por el International Agency for Research on Cancer como posible cancerígenos (IARC, 1989), tanto para la biota como para los seres humanos (ATSDR, 1995; Bonn, 1996; Wegener et al. 1999).

En un evento de vertido en el medio acuático, componentes de los HC pueden tomar varios caminos, incluyendo aquellos que sobrenadan y eventualmente forman emulsiones, mientras otros, especialmente los hidrocarburos aromáticos (HAR), pueden ser solubles y disolverse en el agua y quedar biodisponibles con mayor facilidad para los seres vivos. Según Seoánez (2000) la solubilidad es importante por el volumen que se puede incorporar al agua de mar, y además aquella fracción no soluble puede formar emulsiones bastantes estables, las que se mantienen varios días hasta que se degrada el hidrocarburo, pero mientras esté presente, la foto-oxidación solar puede generar sustancias mucho más negativas (tóxicas) para la biota. Lee (2003) agrega que compuestos oxidados por esta vía, como cetonas alifáticas, aromáticas, aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres, etc., contribuyen a la toxicidad sobre la biota marina.

La legislación chilena considera aspectos de la presencia de HC para evaluar la calidad de las aguas, valores que se encuentran en el "Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas" (CONAMA). En las Normas Primaria y Secundaria, se consideran los Hidrocarburos Totales (HCT) y los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP).

¹ Screening Quick Reference Tables. NOAA Hazmat Report 99-1. Coastal Protection Restoration Division. 1999.



Objetivos del Estudio

El presente informe tiene por misión informar a la comunidad y sus autoridades, de la situación ambiental detectada en el medio acuático costero del sector centro norte de la ciudad de Antofagasta, producto de la infiltración y descarga de hidrocarburos en el borde costero, en el área de los Terminales Marítimos.

2. PROCEDIMIENTOS MUESTREALES Y ANALITICOS

Area y procedimiento de Muestreo

El muestreo se realizó el día 26 de Abril entre las 09:00 y 13:00 h, desde una embarcación menor. Se fijó un número de 10 estaciones o puntos muestrales, tomando como centro el lugar en donde se detectó el afloramiento de aguas provenientes de napas subterráneas, contaminadas con hidrocarburos. Las estaciones se denominaron como: A1, A2; A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9 y A10 y para efectos de su ubicación cartográfica, fueron georreferenciadas con un equipo GPS (Global Positional System) Datum S.Am 69. En cada punto se registró la profundidad mediante escandallo. Los datos de posición y profundidad se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Estaciones, coordenadas geográficas y profundidad (m) de la zona de estudio en bahía Moreno, frente a la zona centro norte de la ciudad de Antofagasta.

Estación	UTMN	UTME	Profundidad (m)
A1	7387052	357647	4
A2	7387546	357677	11
A3	7386763	357436	3.5
A4	7388038	357889	5
A5	7386264	357321	10
A6	7388077	357687	16
A7	7387270	357492	23
A8	7386326	357116	18
A9	7384869	357167	7
A10	7.387026	357776	Intermareal



Fig. 1. Mapa de la costa de Antofagasta indicando las estaciones de muestreo y punto del afloramiento de Hidrocarburos en el borde costero.

La obtención de muestras de agua se efectuó mediante botella Niskin de 5 l tomada a nivel superficial (50 cm de la superficie). Las muestras fueron almacenadas en botellas de vidrio color ambar y trasladadas al laboratorio en contenedores térmicos.

Determinación de Hidrocarburos en Agua

Las muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio de Química Inorgánica, Bioinorgánica y Analítica Ambiental del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Antofagasta. Se determinó el contenido de Hidrocarburos Alifáticos Totales (HALT) e Hidrocarburos Aromáticos Totales (HART). Adicionalmente se



determinó la concentración de tres Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs: Naftaleno, Antraceno y Fenantreno).

La separación y aislamiento selectivo de los hidrocarburos alifáticos y aromáticos totales se hicieron mediante extracción líquido / líquido asistida por sonicación y cromatografía rápida sobre Silicagel. Las determinaciones se hicieron gravimétricamente luego de que los extractos fueron secados mediante rota evaporación y una corriente de nitrógeno extra puro. Todos los solventes empleados fueron de calidad para espectroscopia y HPLC, de Merck y J. T. Baker.

La separación y aislamiento selectivo de los hidrocarburos aromáticos policíclicos se hizo mediante extracción líquido / líquido asistida por sonicación y cromatografía rápida sobre Silicagel. Las determinaciones se hicieron mediante espectroscopía de fluorescencia molecular en un espectrofluorómetro Shimadzu RF-5301PC implementado con fuente luminosa de Xenon, doble monocromador, y software dedicado. Se emplearon como patrones de referencia Naftaleno, Fenantreno y Antraceno, Merck p.a.

Todas las técnicas y metodologías aplicadas están acreditadas en la literatura especializada (Hertz and Chesler, 1978; Gogou, I. et al, 2000).

Dada su sensibilidad, las determinaciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se hicieron mediante espectroscopia de fluorescencia molecular (Miller, J., 1999; Giamarchi, P., et al 2000; Andrade, A., et al 2000).

En todos los casos las recuperaciones de patrones de hidrocarburos adicionados como estándares internos fueron mejores que un 80 %.

Tabla 2. Validación de las Mediciones de Antraceno, Fenantreno y Naftaleno, Mediante Espectrofluorometría Molecular.

HAP	CV (\pm %)	E_R (%)	R(coef. pearson)	LD (ng / mL, *)
Antraceno	5,0	+ 4,2	0,9981	0,004
Fenantreno	8,4	+ 6,3	0,9945	0,002
Naftaleno	1,5	+ 5,5	0,99982	0,021

25 mL de solución metanólica. Si es un preconcentrado de 1 L de muestra el factor de preconcentración es 40.



3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores extremos de concentración de Hidrocarburos Alifáticos Totales (HALT) fueron 3.8 mg/l el mínimo, en las estaciones A2 y A4, ubicadas hacia el Norte de la fuente contaminante y 16.6 mg/l el máximo, en la Estación A10, ubicada en el agua del intermareal frente al lugar del afloramiento de HC. Los valores se muestran en la Tabla 3.

Las concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HART) variaron desde 2.8 mg/l en la Estación A3, ubicada hacia el Sur de la fuente contaminante, hasta 13.4 mg/l en la Estación A10.

El valor de Hidrocarburos Totales (HCT) fue calculado mediante la sumatoria de HALT y HART y sus valores se muestran en la Tabla 3. El contenido máximo alcanza 30 mg/l en la estación (A10), mientras que el resto de las estaciones en la zona submareal muestran valores entre 6.8 y 10.3 mg/l. El primero de ellos, se detectó en la Estación A3 ubicada al Sur de la fuente contaminante, cerca de la Poza El Cuadro, mientras que el segundo, se detectó en la Estación A9, frente al ingreso al área Terminal Pesquero – Club de Yates (ver Figura 1).

Tabla 3. Concentración de Hidrocarburos Alifáticos Totales (HALT), Hidrocarburos Aromáticos Totales (HART) e Hidrocarburos Totales (HCT), expresada en mg/l (ppm).

Estación	HALT	HART	HCT
A1	4.4	2.9	7.3
A2	3.8	5.0	8.8
A3	4.0	2.8	6.8
A4	3.8	4.9	8.7
A5	4.6	4.2	8.8
A6	4.8	4.8	9.6
A7	4.0	3.5	7.5
A8	4.4	4.2	8.6
A9	5.2	5.1	10.3
A10	16.6	13.4	30.0

Tomando como referencia la **Norma Secundaria del “Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas a Nivel Nacional” (CONAMA)**, las concentraciones de Hidrocarburos Totales para la Clase 3 (agua de regular a mala calidad) están comprendidas entre 0.05 mg/l y 1.0 mg/l. Este valor norma representa el máximo de un peor escenario, en aguas imposibilitadas de usos humanos por su mala calidad.

Los contenidos de HCT detectados en el área contaminada frente a la costa de Antofagasta, están por sobre esta norma o valores de referencia. El menor valor detectado en la Estación A3, de 6.8 mg/l, corresponde al 680 % del valor norma, mientras que el mayor valor detectado en la Estación A10, de 30 mg/l, corresponde al 3000 % del



valor de esta norma. Es importante destacar que se está comparando con la norma secundaria para el peor escenario, es decir, “para aguas no aptas para la protección de comunidades acuáticas o para usos prioritarios (acuicultura y pesquería)”

La Norma de calidad primaria, indica que la concentración máxima de Hidrocarburos en las aguas marinas aptas para recreación con contacto directo es 0.05 mg/l. Los resultados del estudio, indican que las aguas marinas del sector se encuentran entre 136 veces (1360 %) y 600 veces (6000 %) sobre esta norma.

Estas comparaciones con la referencia se grafican en la Figura 2.

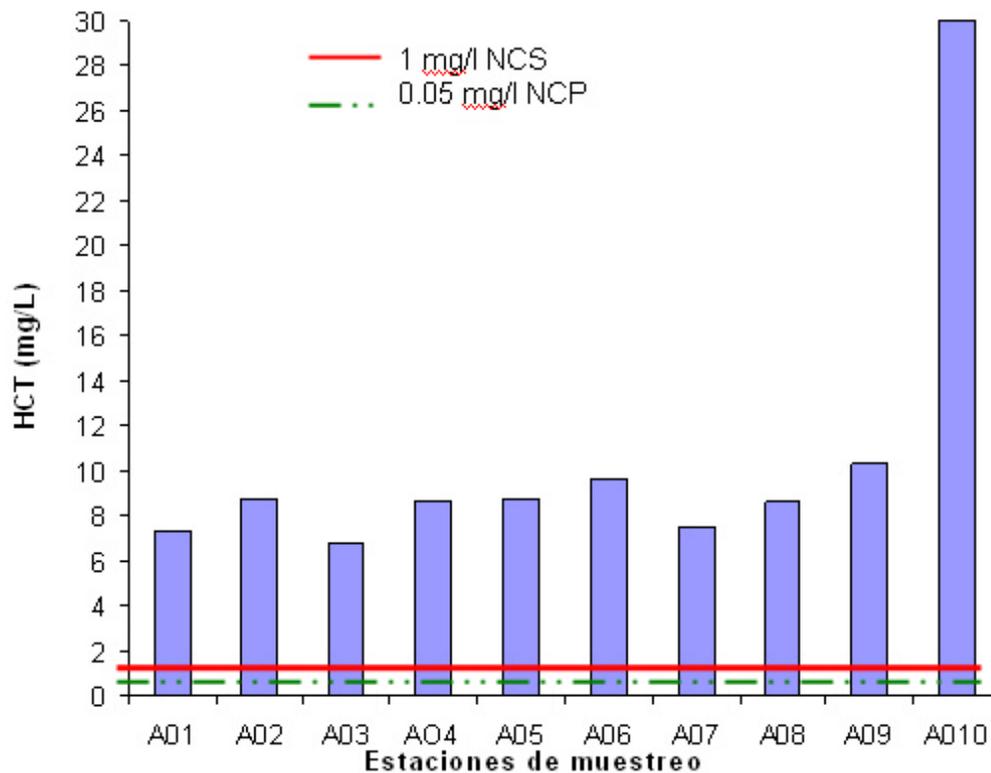


Fig. 2 Concentración de Hidrocarburos Totales en muestras de agua de mar. NCS= Norma de Calidad Secundaria, NCP= Norma de Calidad Primaria. Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas a Nivel Nacional.

En la Figura 3 se expresa la distribución de los HCT en el área de estudio, comprendida entre el “gran emisario” de aguas servidas de Antofagasta (empresa Cascal) y el sector frente a la entrada al área confinada de la Caleta de Pescadores/Club de Yates. Se observa que las mayores concentraciones tienen lugar en la zona intermareal justo en donde se produce el afloramiento del Hidrocarburo hacia la superficie de la arena y descarga al mar.

Hidrocarburos Totales (HCT)

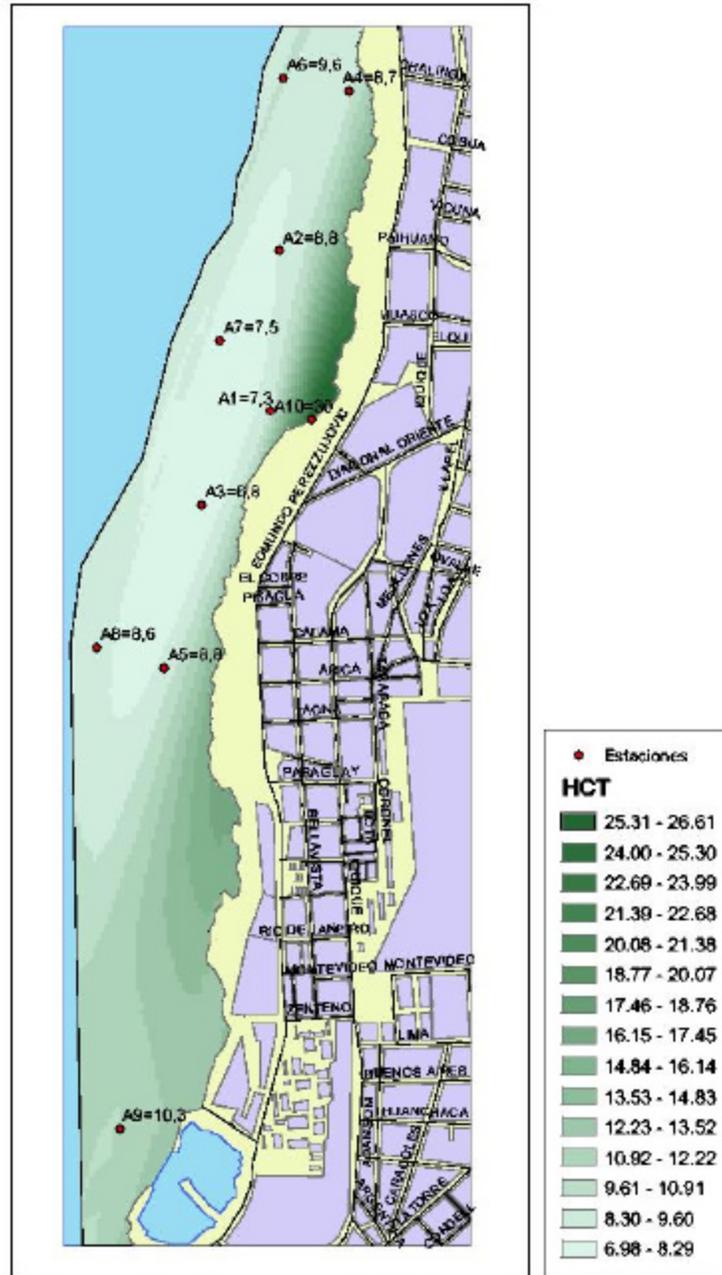


Fig. 3. Distribución espacial de Hidrocarburos Totales (mg/l) frente a la costa del sector centro norte de la ciudad de Antofagasta.

Este hidrocarburo se desplaza por el margen del borde costero extendiéndose hacia el norte y sur del sector. Por el Norte, quedando semi-atrapado por el emisario de aguas residuales de Cascal, registrándose allí, concentraciones de 8.7 mg/l y 9.6 mg/l (Estaciones A4 y A6). Por el sur, se detectó altos contenidos de hidrocarburos totales en



la estación ubicada frente al ingreso del sector Caleta de Pescadores/Club de Yates, alcanzando valores de 10.3 mg/l (Estación A9).

Como se indicó anteriormente, los Hidrocarburos Aromáticos (HAR) comprenden tanto los Hidrocarburos monoaromáticos (MAHs, incluido la mezcla BTEX) como también los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs). Los análisis realizados dan cuenta del valor total de los HAR, cuyo compuesto más representativo es el Benceno, por lo que su interpretación ambiental se basa en los antecedentes entregados por la NOAA, en que un valor de concentración de 0.7 mg/l se considera que produce efectos crónicos al evaluar la calidad de aguas marinas. Los valores de HART indicados en la Tabla 3 sobrepasan en 4 veces (400 %) como mínimo y 19 veces (1900 %) como máximo esta referencia. La Figura 4 muestra gráficamente los valores de HART en cada una de las estaciones muestreadas, mientras que la Figura 5 muestra la distribución de las concentraciones detectadas.

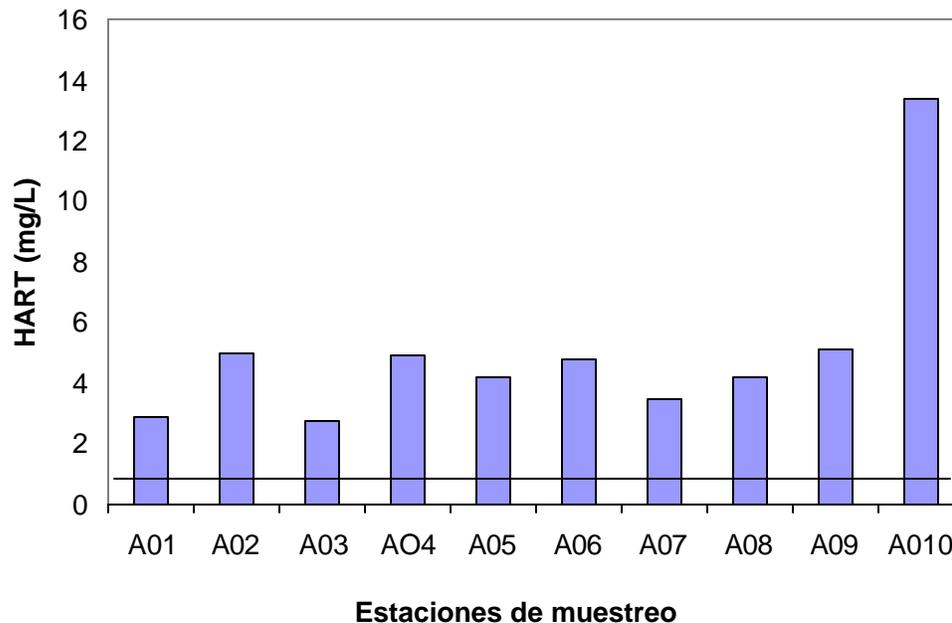


Figura 4. Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Totales en agua de mar or Estación muestreada. La línea continua representa aproximadamente, el valor sugerido de efectos crónicos por US-NOAA.

En la Figura 5 se ha representado el mapa de isocontenidos en Hidrocarburos Aromáticos Totales (HART), observándose una distribución muy similar a la de los Hidrocarburos Totales (HCT). La mayor concentración la alcanza la estación A10 situado en el borde costero de la fuente emisora de contaminación, con un valor de 13.4 mg/l, que paulatinamente disminuye hacia mar adentro, registrando una concentración de 2.8 mg/l en la Estación A3.

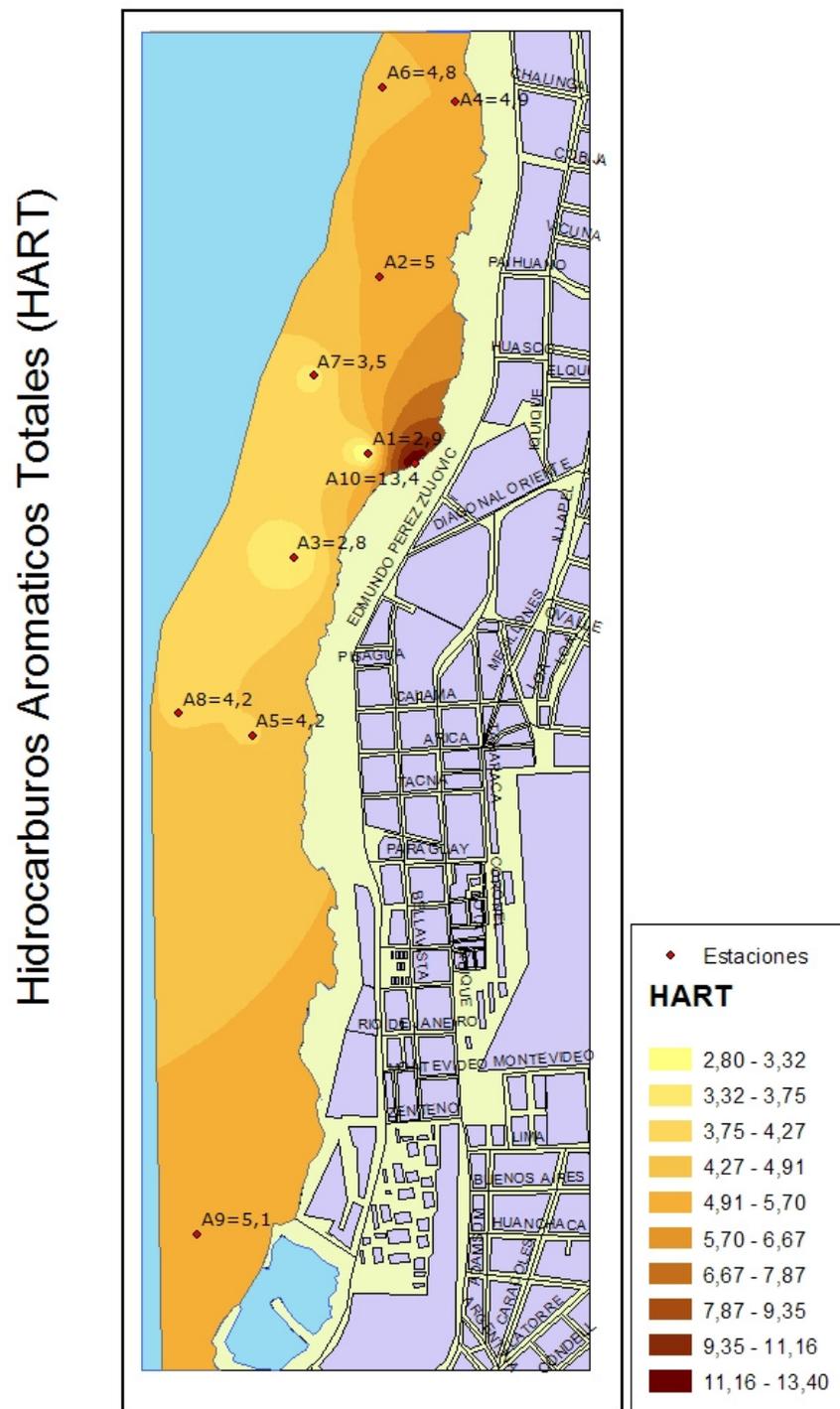


Figura 5. Distribución espacial del Hidrocarburos Aromaticos Totales (mg/l) en la costa centro norte de Antofagasta.



Las más altas concentraciones se observan a lo largo del borde costero, desplazándose hacia el Norte y el Sur de la fuente emisora de contaminación (Estación A10). Por el Norte, alcanza valores de 5.0 mg/l y 4.9 mg/l en el rincón y extensión, respectivamente, que produce la estructura del emisario de aguas servidas de Antofagasta. Hacia el Sur alcanza valores de 4.2 mg/l y 5.0 mg/l en la zona adyacente a la caleta de pescadores/Club de Yates. Destacándose la distribución de orilla que adquiere el contaminante.

Los valores de las concentraciones de tres compuestos del grupo de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), Naftaleno, Fenantreno y Antraceno, se muestran en la Tabla 4. No obstante es posible que puedan estar presente varios otros, los que por limitaciones de recursos no se indagó sobre sus concentraciones. A pesar de ello, es posible aproximar una evaluación de potenciales efectos que pueden producir los HAPs, considerando el valor de la sumatoria de estos tres compuestos, sabiendo que se está trabajando con un valor que subestima el valor real de estos compuestos presentes en el conjunto de los Hidrocarburos en el área.

Solo al considerar estos tres compuestos de HAPs como totales, la Estación 10 presenta la máxima concentración detectada, de 0.5 ug/l, mientras que la Estación A9, presenta el valor mínimo de 0.14 ug/l.

Tabla 4. Contenidos de tres tipos de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs): Naftaleno, Fenantreno y Antraceno en ug/L (ppb).

Estación	NAFTALENO	FENANTRENO	ANTRACENO	TOTAL
A1	0.081	0.045	0.172	0.298
A2	0.065	0.049	0.146	0.260
A3	0.042	0.035	0.123	0.200
A4	0.038	0.022	0.208	0.268
A5	0.069	0.043	0.116	0.228
A6	0.035	0.025	0.142	0.202
A7	0.048	0.033	0.187	0.268
A8	0.061	0.039	0.217	0.317
A9	0.072	0.043	0.025	0.140
A10	0.334	0	0.172	0.506

Con relación a los Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAPs), la **Norma Secundaria de Calidad, del Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas a Nivel Nacional (CONAMA)**, establece para aguas de Clase 2, un valor inferior a 0.0002 mg/l (< 0.2 ug/l). Por otro lado, la **Norma de Calidad Primaria** indica la concentración máxima de HAPs en las aguas marinas aptas para recreación con contacto directo, como 0.2 ug/l.



La Figura 6 muestra gráficamente la comparación de los valores de HAPs en los distintos puntos muestreados, verificándose que en todos, salvo en la Estación A9, se sobrepasa el valor de norma para aguas de Clase 2.

Es importante destacar que la definición de aguas de Calidad 2 corresponde al límite que debe tener el agua de “Buena Calidad, apta para la acuicultura, **actividades pesqueras** y todos los usos señalados para la clase siguiente”. La norma primaria indica que esos límites definen las “aguas aptas para recreación con contacto directo”.

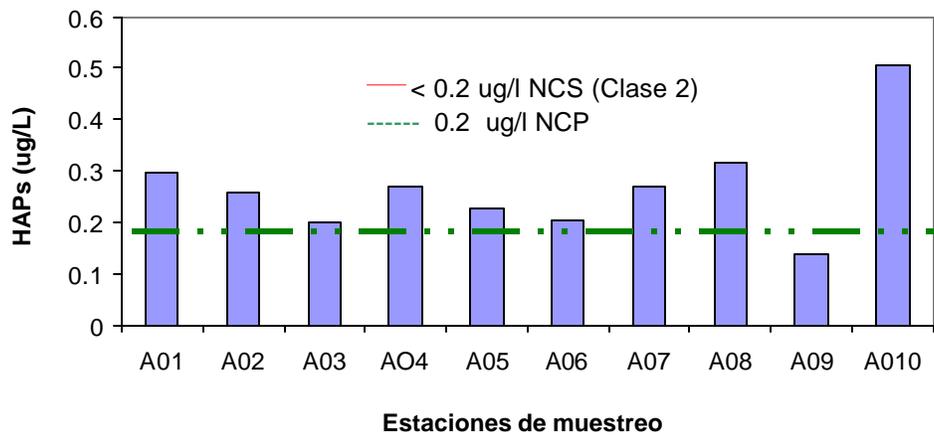


Fig. 6. Contenidos totales de tres HAPs (Naftaleno, Fenantreno, Antraceno).



4. CONCLUSIONES

En general, los mapas de isocontenidos ponen de manifiesto que las aguas marinas del borde costero del área de los terminales marítimos está en presencia de hidrocarburos y particularmente evidencia la dispersión de este contaminante a lo largo de la costa cercana, lo que parece estar relacionado en parte por las corrientes de deriva que se producen en esas márgenes. Lamentablemente esta situación agrava los efectos del contaminante, debido a que por la dinámica del mar en el borde costero o Zona de Protección Litoral, se impide o retarda la ocurrencia de fenómenos de dispersión natural hacia aguas más profundas y mar afuera, distribuyéndose los efectos en una mayor extensión de costa en el área de mayor producción biológica de importancia tanto para los ecosistemas marino-costeros, como para las actividades de pesca comercial y recreativas del sector.

Los resultados dan cuenta de la presencia de Hidrocarburos y componentes peligrosos de éstos, que no se aprecian visualmente, pues en su mayoría corresponden a compuestos disueltos en agua de mar, lo que los hace ambientalmente de alto riesgo por la facilidad de ingreso al sistema viviente.

Con los análisis realizados se ha detectado la presencia de Hidrocarburos Alifáticos (HAL), Hidrocarburos Aromáticos (HAR) y dentro de éstos, compuestos de mayor peligrosidad, reconocidos como Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), aunque por razones de costo, no se buscó más de éstos que podrían estar presente.

Estimado el contenido de Hidrocarburos Totales (HCT), se observó que en todas las estaciones se sobrepasan las normas de seguridad que se reconocen para estos casos. Del mismo modo, aunque no existe norma específica para los Hidrocarburos Aromáticos Totales (HART), debido a su estructura base bencénica, los valores detectados están por sobre las recomendaciones de calidad de aguas hechas por la US NOAA, considerando los efectos crónicos que su presencia puede ocasionar a la biota..

Las concentraciones de HAPs muestran valores iguales y sobre la norma secundaria para aguas de calidad 2, lo que indica que **no se deberían realizar actividades pesqueras**, por el riesgo de traspasar la contaminación a las personas mediante el consumo de especies extraídas en el área. Del mismo modo, **no deberían desarrollarse actividades que impliquen contacto directo de las personas** con las aguas del sector contaminado.

Se sugiere que quien corresponda tome las medidas de protección necesarias, toda vez que la presencia de los Hidrocarburos descritos en concentraciones sobre las normas de calidad, produce efectos cancerígenos. Un monitoreo permanente, de alta periodicidad y un sistema de alerta en el área de los terminales marítimos permitiría manejar la emergencia en los días y meses sucesivos.



5. REFERENCIAS

Andrade, A., Vázquez, E., López, P., Muniategui, S., Prada, D., Fernández, E., 2000. *Talanta* 51: 677 – 684.

ATSDR, 1995. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. U. S. Department of Health and Human Services, August.

Bonn, B. A, 1996. Selected Elements and organic Chemicals in Bed Sediment and Fish Tissue of the Tualatin River basin, Oregon, Water–Resources Investigations Report 99–4107. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.

French McCay, D., Jennings Rowe, J., Whittier, N., 2004. “Estimation of potential impact and natural resource damages of oil”. *Journal of Hazardous Materials*. 107, 11-25.

Giamarchi, P., Stephan, L., Salomon, S., Le Bihan, A., 2000. Multicomponent determination of a polyaromatic hydrocarbon mixture by direct fluorescence measurements. *J. Fluorescence* 10: 393 – 402.

Gogou, A., Bouloubassi, I., Stephanou. E., 2000. Marine geochemistry of the Eastern Mediterranean: 1. Aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in Cretan Sea surface sediments. *Mar. Chem.* 68: 265-282.

Hertz, H., Chesler, S., 1978. Trace organic analysis: A new frontier in analytical chemistry. NBS Special Publication 519. US Department of Commerce.

IARC, 1989 Occupational exposures in petroleum refining: crude oil and major Petroleum fuels. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, vol.45. International Agency for Research on Cancer, Lyon.

Lee, R., 2003. Photo-Oxidation and Photo-toxicity of crude and Refined Oils. *Spill Science & Technology Bulletin*, Vol.8, N°2, pp157-162.

Maltoni, C., 1997. “Biomedical Research as a Science for Development: The Case of Gasoline”. Preventive Strategies for Living in a Chemical World. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol. 837.

Miller, J., 1999. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons by spectrofluorimetry. *Anal. Chim. Acta* 388: 27-34.

NOAA Hazmat Report 99-1, 1999. Coastal Protection Restoration Division. Nacional Oceanic an Atmospheric Administration, *Screening Quick Referente Tables for Organics*.



Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, F., Alfayate, J., 2003. Contaminación Ambiental: Una visión desde la Química. Thomson Editores Spain, Paraninfo, S.A. España.

Seoáñez, M., 2000. Manual de Contaminación Marina y Restauración del Litoral. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Wegener, J., Cofino, W., Maier, E., Kramer, G., 1999. The preparation, testing and certification of two freshwater sediment reference materials for polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls: BCR CRM 535 and CRM 536. Trends Anal. Chem. 18: 14–25.