

## CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR HIDROCARBUROS EN EL ENTORNO DE LAS CENTRALES TÉRMICAS DE LA PROVINCIA DE LAS PALMAS

VICTOR MANUEL  
RODRÍGUEZ SOSA

EN EL ENTORNO DE LAS CENTRALES TÉRMICAS DE LAS PALMAS (BARRANCO DE TIRAJANA, JINÁMAR - GRAN CANARIA -, PUNTA GRANDE -LANZAROTE- Y LAS SALINAS -FUERTEVENTURA-) SE PRODUCE FRECUENTEMENTE CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS DEBIDO A VERTIDOS OCASIONALES DE LAS PROPIAS CENTRALES Y DE LOS ENTORNOS HABITADOS. LOS VERTIDOS QUE SE PRODUCEN EN LA ZONA SON DE CARÁCTER HETEROGÉNEO, POR LO QUE SERÍA CONVENIENTE ESTUDIAR EL TIPO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EXISTENTES (HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS Y PCBs, FUNDAMENTALMENTE) A FIN DE PODER IDENTIFICAR EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE ESAS ZONAS Y LAS FUENTES DE LOS MISMOS. LA FINALIDAD DE ESTE TRABAJO RESIDE EN LA DETERMINACIÓN DE MÉTODOS SELECTIVOS DE ANÁLISIS DE ESTE TIPO DE CONTAMINANTES Y EN CONCRETO DE LOS HIDROCARBUROS ORGÁNICOS PERSISTENTES (PCBs Y LOS PAHs).

AROUND THE THERMAL POWER STATIONS OF LAS PALMAS (BARRANCO DE TIRAJANA, JINÁMAR - GRAN CANARIA -, PUNTA GRANDE -LANZAROTE - AND LAS SALINAS -FUERTEVENTURA -) IT FREQUENTLY TAKES PLACE CONTAMINATION FOR HYDROCARBONS DUE TO HAVING OCCASIONALLY POURED WASTE FROM THE POWER STATIONS AND THE INHABITED ENVIRONMENTS. THIS WASTE HAS A HETEROGENEOUS CHARACTER. IT IS THUS RELEVANT TO STUDY THE TYPE OF COMPOUND ORGANIC EXISTENT (POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS AND PCBs, FUNDAMENTALLY) IN ORDER TO BE ABLE TO IDENTIFY THE DEGREE OF CONTAMINATION OF THOSE AREAS. THIS WORK AIMS AT DETERMINING THE SELECTIVE METHODS OF ANALYSIS OF THIS TYPE OF POLLUTION AND MORE SPECIFICALLY OF THE PERSISTENT ORGANIC HYDROCARBONS (PCBs AND PAHs).

### INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los efectos que producen los compuestos orgánicos persistentes tales como los PCBs y los PAHs, tanto para la salud humana como para la salud medioambiental de los ecosistemas en los que están presentes, nos ha llevado a preguntarnos sobre el estado actual del litoral canario.

Hemos escogido zonas próximas a las centrales eléctricas por ser zonas más probables de contaminación por los compuestos de interés debido a las características de los mismos.

### OBJETIVO DEL TRABAJO

El análisis de estos contaminantes orgánicos requiere normalmente un cuidado exhaustivo en las condiciones de análisis debido a las bajas concentraciones en las que se encuentran dichos compuestos, así como su peligrosidad.

El objetivo del presente trabajo es el de encontrar una metodología realmente válida para el análisis de dichas sustancias y la finalidad de esta metodología es la de proporcionar un arma al analista con el que pueda realizar análisis rutinarios de forma rápida y fiable. Pese a ello, a la hora de detectar esos compuestos, existe un tipo de instrumentación sofisticada de la cual no podemos prescindir como son los cromatógrafos.

### COMPUESTOS DE INTERÉS

Antes de empezar con la metodología empleada, veamos cuáles son las características de los compuestos de estudio.

La llegada de estos compuestos al medio marino está determinada principalmente por dos características físico-químicas de estos compuestos: su solubilidad y su volatilidad.

El problema principal de este tipo de compuestos deriva de su toxicidad, persistencia y su fuerte tendencia a la bioacumulación. Esas propiedades derivan de su naturaleza generalmente lipofílica y su baja solubilidad en agua. Esto tiene como consecuencia que, por ejemplo, en los tejidos de los peces se puedan encontrar de 104 - 105 veces mayor cantidad que en el agua circundante. También pueden encontrarse altas concentraciones en aves y mamíferos que se alimentan de peces, lo que supone una variedad de efectos perjudiciales para estos organismos.

El almacenamiento de estos compuestos en los animales se produce en el tejido adiposo, en el cual la tasa de renovación es baja. El estrés puede causar la movilización de este tejido y la liberación subsiguiente de los residuos acumulados puede conducir a niveles tóxicos en la sangre en los animales, incluso una vez que la exposición a estos compuestos haya cesado.

**Hidrocarburos clorados, Bifenil Policlorados:**

Los policlorobifenilos (PCBs) son una clase de 209 compuestos químicos, llamados congéneres, en los cuales se pueden unir de 1 a 10 átomos de cloro a una molécula de bifenilo.

Se describieron por primera vez en la literatura técnica en 1881, tuvieron su primera producción comercial en 1930 y fueron retirados del mercado en 1979 por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA) principalmente debido a su capacidad de acumularse en el medio ambiente y por su potencial para emigrar dentro de la cadena alimenticia. Debido a estas características, los PCBs pueden encontrarse todavía a lo largo del mundo en pequeñas cantidades en comida, aire y agua.

Sus propiedades físico-químicas son las siguientes:

Son estables hasta temperaturas de 800 °C, resistentes a los ácidos, las bases y los oxidantes, con una solubilidad muy baja en agua, una baja presión de vapor, un coeficiente de partición octanol-agua alto y una tendencia alta a la adsorción sobre sólidos. La degradación por reacciones químicas puramente abióticas se considera improbable. Esto quiere decir que son termal y químicamente estables.

Debido a estas características físico-químicas se han usado principalmente en:

- Transformadores eléctricos cerrados, condensadores, etc. Se supone que las pérdidas son mínimas, y que las vidas de los componentes son largas (> 20 años).
- Sistemas hidráulicos cerrados y fluidos de traslados de calor. Se pueden esperar pérdidas, y la vida entre los cambios es mucho más corta (aproximadamente 1 año).
- Dispersores en plásticos, pintura y componentes de la tinta de impresión, adhesivos, y aditivos para los aceites, auxiliares textiles y pesticidas. El material se rechaza casi inmediatamente después del uso.

Los bifenil policlorados se han comercializado bajo nombres diferentes tales como Aroclor, Clophen, Pheno-chlor, Pyralene, Kanechlor o Fenclor.

La toxicidad aguda de los PCBs, es decir, el efecto venenoso inmediato que podría ser el resultado de la exposición breve es relativamente bajo y se aproxima al del alcohol etílico. Sin embargo, los PCBs como en los demás compuestos de estudio, su peligrosidad reside en su capacidad de acumulación en la grasa corporal.

**Hidrocarburos Poliaromáticos:**

Los hidrocarburos poliaromáticos (PAHs) son hidrocarburos que contienen

dos o más anillos de benceno asociados.

Los PAHs siempre se forman cuando la materia orgánica que contiene carbono e hidrógeno se somete a temperaturas que excedan los 700 °C. Las dos fuentes principales en la mayor parte de los sedimentos son los procesos de combustión de fuel fósil y los fuegos forestales.

El recorrido de los PAHs hasta los sistemas acuáticos marinos se produce mediante la asociación en la atmósfera con partículas, sobre todo el hollín. El tamaño de la partícula es la propiedad física con mayor influencia en su comportamiento.

Aunque la solubilidad de los PAHs puros en agua es sumamente baja

particularmente relevante para su degradación en el medio.

Está bien establecido que ciertos PAH producen cáncer de piel en pruebas animales y hay varias pruebas indirectas de que los mismos pueden producir varios tipos de cánceres tales como el de pulmón o de próstata.

**ANALÍTICA**

El proceso analítico es un recorrido que empieza desde el muestreo (recogida de las muestras) hasta la detección de los compuestos de interés.

**Muestreo:**

La toma de muestras para su posterior análisis es una fase crítica de la metodología analítica, ya que condiciona los resultados analíticos y su interpretación. La muestra debe ser representativa de la población entera, o el resultado analítico puede ser inexacto.

Para caracterizar la zona de estudio se ha de tener en cuenta todos los factores que se pueden ver afectados por los compuestos de interés, a fin de poder realizar un análisis profundo de la misma, por lo tanto, la elección de la matriz a analizar va a estar directamente relacionada con

la posibilidad de encontrar estos compuestos.

Las muestras se han tomado siguiendo como norma la de seguir la dirección de los emisarios submarinos y vertidos a 1 metro de profundidad, para así evitar las posibles interferencias que podamos inferir en el muestreo. Se recogen en botellas de cristal ámbar con tapón de teflón. El cristal de color ámbar protege de las radiaciones de luz natural que pudieran degradar a este tipo de compuestos

La finalidad de este estudio es la determinación de métodos selectivos

| PAHs          |              | PCBs          |              |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Nº DE MUESTRA | LOCALIZACIÓN | Nº DE MUESTRA | LOCALIZACIÓN |
| 1             | B. Tirajana  | → 1           | B. Tirajana  |
| 2             | B. Tirajana  |               |              |
| 3             | Las Salinas  | → 2           | Las salinas  |
| 4             | Las Salinas  |               |              |
| 5             | Punta Grande | → 7           | Punta Grande |
| 6             | Punta Grande |               |              |
| 7             | Jinámar      | → 15          | Jinámar      |
| 8             | Jinámar      | → 10          | Jinámar      |
| 9             | Jinámar      |               |              |
| 10            | Jinámar      | → 22          | Jinámar      |

TABLA 1

estos compuestos pueden ser en solubilizados a través de otras substancias orgánicas como los detergentes. Además de esos PAHs son capaces de asociarse con coloides presentes en el agua y de esta forma pueden transportarse a través de ella.

En cuanto a sus procesos de eliminación naturales del medio, los PAHs son susceptibles de ser oxidados por bacterias y se cree que la degradación microbiana es el principal mecanismo de eliminación de compuestos en los sedimentos. Además, se considera que la reactividad fotoquímica de estos compuestos es

de análisis de PCBs y PAHs. Debido a las características de estos compuestos, la matriz elegida -muestras de agua a un metro de la superficie- presenta varios puntos a favor:

- La normativa estándar recoge este método de toma de muestras para su posterior análisis en aceites y grasas totales, en las cuales se pueden encontrar nuestros compuestos.
- La concentración a la cual vamos a encontrar estos compuestos es menor que la que probablemente nos vamos a encontrar en otro tipo de matrices como los sedimentos y el agua superficial.
- Los muestreos son rápidos y fáciles de realizar y el cuidado por no contaminar la muestra es casi la única precaución que hay que tomar.

Nuestras áreas de muestreo son las aguas alrededor de las centrales térmicas de la provincia de Las Palmas: Barranco de Tirajana y Jinámar en Gran Canaria, Las Salinas en Fuerteventura y Punta Grande en Lanzarote.

En nuestra campaña de muestreo se han realizado un total de 10 muestras para el análisis de PAHs y 6 para el de PCBs. (Tabla 1)

Algunas de las muestras de PAHs tienen su equivalencia con muestras recogidas para el análisis de PCBs, tal como se recoge en la tabla anterior.

La gran cantidad de muestras recogidas es superior en Jinámar debido a la extensión que ocupa dicha central y los vertidos a los cuales se encuentra sometido su entorno.

#### Almacenamiento de las muestras

El almacenamiento de las muestras al igual que el muestreo debe de ser tal que no reflejen cambios en los resultados analíticos. No deben contaminarse las muestras durante el

almacenamiento. Se debe impedir la descomposición de las mismas e inhibir la actuación de bacterias y la volatilización.

Para ello, las botellas de muestra recogidas se almacenan en una nevera hasta su traslado al laboratorio a una temperatura de 4 °C, quedando almacenadas a esa temperatura hasta realizar la extracción de los compuestos de interés.

Además, tanto los PAHs como los PCBs se deben extraer durante la primera semana después de haber realizado el muestreo

#### Extracción

La extracción consiste en la separación de los compuestos de las matrices en las que se encuentran embutidas. Este proceso debería de ser lo más selectivo posible y, en todo caso, por lo menos deberíamos de tener en solución los compuestos de interés.

El procedimiento básicamente consiste en la íntima relación de las matrices con un disolvente o una mezcla de disolventes. La extracción va a depender directamente de la matriz en la cual se encuentren los compuestos en cuestión.

En matrices acuosas, como la nuestra, es recomendable el análisis inmediato de las mismas mediante la extracción repetida líquido-líquido mediante agitación mecánica y posterior decantación en un embudo.

Todas las muestras deben pasar a la siguiente fase sin rastro de agua, por lo que es necesario el uso de sales desecantes como el sulfato de sodio anhidro.

Los procedimientos tanto para la extracción como para casi todos los pasos posteriores del análisis son comunes a los dos tipos de compuestos

**NUESTRAS ÁREAS DE MUESTREO SON LAS AGUAS ALREDEDOR DE LAS CENTRALES TÉRMICAS DE LA PROVINCIA DE LAS PALMAS: BARRANCO DE TIRAJANA Y JINÁMAR EN GRAN CANARIA, LAS SALINAS EN FUERTEVENTURA Y PUNTA GRANDE EN LANZAROTE.**

**LA DETECCIÓN ES EL PROCESO MÁS AUTOMATIZADO DEL ANÁLISIS PORQUE SUPONE LA MEDIDA DE LA CANTIDAD DE COMPUESTO DE INTERÉS QUE HEMOS PODIDO EXTRAER Y QUE SE HA ido CONCENTRANDO A TRAVÉS DE LOS PASOS SUCESIVOS**

de interés que nos ocupan. La única salvedad es la utilización de un disolvente de extracción diferente para cada tipo, diclorometano para los PAHs e isooctano para los PCBs.

Los pasos para la extracción de estos compuestos empiezan con la comprobación del pH del agua (entre 6 y 8,2), para confirmar de alguna forma que no se ha cambiado de forma drástica la composición de la misma. Posteriormente, añadimos 100 ml de disolvente (diclorometano e isooctano, según corresponda) a 1 litro de la muestra de agua de mar.

Se procede a una agitación mecánica durante 15 minutos, y se extrae la fase orgánica utilizando un embudo de decantación de 2 litros.

Este procedimiento se repite por dos veces más y juntamos las fases orgánicas para asegurarnos que en la fase orgánica extraída se encuentre la mayor parte de los compuestos que queremos estudiar.

La capacidad de extracción de un método está determinada por la proporción extraída de los patrones y blancos, por lo que es necesaria la realización de los mismos para la validación del método.

El extracto se debe deshidratar, como ya comentamos antes, con sulfato de sodio anhidro y una vez deshidratado se filtra con lana de vidrio.

Concentramos la fase orgánica con un rotavapor con salida en vacío para optimizar el tiempo de operación y fijamos el volumen final de la muestra a aproximadamente 1 ml.

El extracto se pasa a un vial de 2 ml y se acaba de concentrar aplicando una corriente de argón hasta obtener un volumen final de entre 100 a 200 µl, este volumen es medido con una jeringuilla de precisión.

## DetECCIÓN

Es el proceso más automatizado del análisis. La detección supone la medida de la cantidad de compuesto de interés que hemos podido extraer y que se ha ido concentrando a través de los pasos sucesivos.

Para la detección de nuestros compuestos utilizamos la técnica de la cromatografía de gases. Con esta técnica se pueden detectar hasta niveles traza.

Grosso modo, un cromatógrafo de gases es una columna, capilar o empacada, dentro de un horno que tiene la capacidad poderle practicar un programa de temperaturas determinado. Por el interior de la columna fluye un gas (de ahí lo de cromatografía de gases) y la columna a su vez tiene un relleno que en el caso de las columnas capilares es una película en la capa interna del tubo. Una vez introducimos la muestra en su interior por medio del inyector, a una temperatura determinada (pudiéndole aplicar un programa de temperaturas propio), el gas empuja la muestra a lo largo de la columna. La interacción con el relleno y el aumento y velocidad con la cual se produce ese aumento de la temperatura hacen pasar selectivamente a los compuestos retenidos. Al final de la columna se encuentra un detector que da una señal al paso de un compuesto.

Los detectores son más o menos selectivos. Para los compuestos clorados se utiliza el llamado ECD (detector de captura de electrones). Este detector tiene una partícula radioactiva que emite electrones en dirección contraria al flujo de gas. La presencia de cualquier variación de ese flujo se verá representado por una señal.

Para los PAHs, tradicionalmente se ha utilizado un detector menos

selectivo, el FID (detector de ionización de llama). En este detector se crea una llama con hidrógeno y aire.

Las variaciones de señal son directamente proporcionales a la cantidad de compuesto que pasa por el detector a un tiempo determinado.

A un tiempo, con una variación de temperaturas determinado, con un flujo de gases, con un gas y con una columna de características determinadas, el pico que se ve en un cromatograma nos identifica la presencia de un compuesto en la mezcla.

En nuestro caso, los PAHs los hemos analizado con un cromatógrafo equipado con un detector de masas mucho más preciso que nos permite asegurar la medida (cualificación y cuantificación) de un compuesto determinado. El funcionamiento de los espectrómetros de masa consiste en romper las moléculas de tal forma que podamos separarlas por sus masas atómicas, moleculares y radicales.

**Análisis Cromatográfico**

Antes de analizar una muestra para confirmar si contiene un compuesto determinado y la cantidad del mismo que se encuentra en ella, se debe realizar una validación del método empleado.

En los pasos previos a éste, deben realizarse, como se han realizado en este caso, una serie de blancos y patrones.

En el análisis cromatográfico se comparan las respuestas del cromatógrafo con las observadas a patrones de concentración conocida.

1. Análisis de los PAHs (Tabla 2)

- Mezcla de patrones 61 con código XA061001 de la casa Dr. Ehrenstofer GmbH, cuya composición es:
- Equipo de cromatografía compuestos por:  
 Inyector: Varian CP - 8200 Autosampler.  
 Cromatógrafo de gases: Varian 3800,  
 Detector de masas: Varian Saturn 2000.
- Columna capilar Chrompack 8842 de fused silica de 30 metros de longitud.

El primer paso es la realización de diluciones a partir del patrón hasta concentraciones de 1, 2, 3, 4 y 10 ppm con el fin de establecer un método de análisis cromatográfico optimizado.

Esta optimización requiere de una puesta a punto de las temperaturas, velocidades de aumento de

| NOMBRE                   | CONCENTRACION (mg/l) | LOT. Nº | PUREZA |
|--------------------------|----------------------|---------|--------|
| Naftaleno                | 1000,0               | 50320   | 99,9 % |
| Acenaftileno             | 2000,0               | 71016   | 99,5 % |
| Acenafteno               | 1000,0               | 50627   | 99,4 % |
| Fluoreno                 | 200,0                | 90629   | 99,0 % |
| Fenantreno               | 100,0                | 50321   | 99,5 % |
| Antraceno                | 100,0                | 90629   | 99,5 % |
| Pireno                   | 100,0                | 60715   | 99,7 % |
| Fluoranteno              | 200,0                | 90629   | 98,5 % |
| Benzo (a) antraceno      | 100,0                | 40718   | 98,6 % |
| Criseno                  | 100,0                | 61116   | 99,0 % |
| Benzo (b) fluoranteno    | 200,0                | 80617   | 99,0 % |
| Benzo (k) fluoranteno    | 100,0                | 60625   | 99,9 % |
| Benzo (a) pireno         | 100,0                | 71212   | 99,5 % |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | 100,0                | 81013   | 97,5 % |
| Dibenzo (a,h) antraceno  | 200,0                | 90114   | 97,4 % |
| Benzo (g,h,i) perileno   | 200,0                | 60620   | 97,5 % |

TABLA 2

temperatura (rampas) tanto del inyector como de la columna, flujo de gases, etc.; para llegar a identificar los compuestos buscados (PAHs) caracterizándolos tanto en tiempo de salida (o de retención) como en cantidades de los mismos (áreas equivalentes a concentración).

Las rampas de temperatura fueron:

a. Para el inyector (Tabla 3)

| TEMPERATURA (°C) | VELOCIDAD (°C/min) | HOLD (min) | TIEMPO TOTAL (min) |
|------------------|--------------------|------------|--------------------|
| 50               | -                  | 0,3        | 0,3                |
| 310              | 200                | 18,0       | 19,6               |

TABLA 3

b. Para el horno del cromatógrafo

| TEMPERATURA (°C) | VELOCIDAD (°C/min) | HOLD (min) | TIEMPO TOTAL (min) |
|------------------|--------------------|------------|--------------------|
| 40               | -                  | 2,0        | 2,0                |
| 230              | 30,0               | 0,0        | 8,3                |
| 260              | 5,0                | 0,0        | 14,3               |
| 310              | 15,0               | 5,0        | 22,6               |

TABLA 4

Con todo esto hemos conseguido obtener los siguientes tiempos de retención para los compuestos de la familia de los PAHs que hemos analizado:

Con estos datos de tiempo de retención, junto con la curva de calibrado interno que realiza el cromatógrafo, podemos estar seguros de que si en nuestra muestra se encuentra alguno

| TIEMPO RETENCIÓN (min) | NOMBRE                   | IÓN |
|------------------------|--------------------------|-----|
| 6,676                  | Naftaleno                | 128 |
| 7,984                  | Acenaftileno             | 153 |
| 8,126                  | Acenafteno               | 153 |
| 8,563                  | Fluoreno                 | 165 |
| 9,561                  | Fenantreno               | 178 |
| 9,619                  | Antraceno                | 178 |
| 11,378                 | Pireno                   | 202 |
| 11,842                 | Fluoranteno              | 202 |
| 14,930                 | Benzo (a) antraceno      | 228 |
| 15,023                 | Criseno                  | 228 |
| 17,374                 | Benzo (b) fluoranteno    | 252 |
| 17,424                 | Benzo (k) fluoranteno    | 252 |
| 17,986                 | Benzo (a) pireno         | 252 |
| 20,428                 | Indeno (1,2,3-cd) pireno | 277 |
| 20,459                 | Dibenzo (a,h) antraceno  | 277 |
| 21,235                 | Benzo (g,h,i) perileno   | 277 |

TABLA 5

de los compuestos calibrados, éste aparecerá como un pico en el tiempo de retención indicado para él, y además, su concentración en la muestra podrá ser conocida por nosotros.

Los análisis de los PAHs en nuestros puntos de muestreo dieron los siguientes resultados: (Tabla 6)

Los datos reflejados en la tabla reflejan la concentración en ppm de los compuestos citados y la concentración en cada punto de muestreo.

## 2. Análisis de los PCBs

Con los PCBs utilizamos el mismo mecanismo que el que hemos realizado con los PAHs, pero con matices.

Como comentamos acerca de los PCBs, son compuestos comercializados en paquetes con diferentes nombres comerciales. Aroclor es uno de esos PCBs y el grado de cloración se mide por un número que se le asigna. En la tabla siguiente vemos cuál es su nomenclatura, según el porcentaje de isómeros que tenga. (Tabla 7)

Hemos escogido como patrón una mezcla de Aroclor 1260 de la casa Dr. Ehrenstofer GmbH, referencia X201260, y le hemos realizado diluciones para conseguir concentraciones de 1/2, 1, 2, 3, 4 y 5 ppm con el fin de realizar la optimización del método y la curva de calibrado.

El análisis de los patrones y las muestras no se realiza, debido a la complejidad de los arocloros, de forma individual, compuesto a compuesto, sino como conjunto, es por lo que en lugar de utilizar un detector de masas, optamos por analizar los patrones y las muestras con un detector de captura de electrones al considerar que nos daría mejores resultados.

El instrumental utilizado es un equipo cromatográfico constituido por

| NOMBRE                   | PUNTOS DE MUESTREO |               |               |              |               |              |               |               |               |               |
|--------------------------|--------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                          | 1                  | 2             | 3             | 4            | 5             | 6            | 7             | 8             | 9             | 10            |
| Naftaleno                | 0,167              | 0,208         | 0,211         | 0,19         | 0,232         | 0,442        | 0,163         | 0,296         | 0,174         | 0,232         |
| Acenafileno              | -                  | 3,344         | 3,332         | 3,342        | 3,356         | -            | -             | 3,336         | 3,324         | -             |
| Acenafeno                | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| Fluoreno                 | -                  | 0,1103        | 0,1161        | 0,1218       | 0,1508        | 0,1094       | 0,111         | -             | -             | -             |
| Fenantreno               | 0,249              | 0,2778        | 0,2656        | 0,2622       | 0,3016        | 0,2362       | 0,2382        | 0,2582        | 0,244         | 0,2716        |
| Antraceno                | -                  | 0,1508        | -             | 0,137        | -             | 0,1259       | -             | 0,1441        | -             | 0,1527        |
| Pireno                   | 0,201              | -             | 0,2424        | -            | -             | -            | -             | -             | -             | 0,2016        |
| Fluoranteno              | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| Benzo (a) antraceno      | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| Criseno                  | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| Benzo (b) fluoranteno    | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| Benzo (k) fluoranteno    | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| Benzo (a) pireno         | -                  | -             | 0,1692        | -            | -             | 0,1705       | 0,1685        | -             | 0,1676        | 0,1677        |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | -                  | -             | 2,507         | -            | 2,506         | -            | -             | -             | -             | -             |
| Dibenzo (a,h) antraceno  | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| Benzo (g,h,i) perileno   | -                  | -             | -             | -            | -             | -            | -             | -             | -             | -             |
| <b>Total</b>             | <b>0,617</b>       | <b>4,0909</b> | <b>6,8033</b> | <b>4,053</b> | <b>6,5464</b> | <b>1,084</b> | <b>0,6807</b> | <b>4,0343</b> | <b>3,9096</b> | <b>1,0256</b> |

TABLA 6

un inyector Varian 8200 CX Autosampler, un cromatógrafo Varian

una metodología de análisis para la determinación de PAHs y PCB provenientes del medio marino. Se ha puesto a punto la metodología de muestreo, extracción y análisis,

| Nº ATOMOS DE CLORO | GRADO DE AROCLOR |      |      |      |      |      |
|--------------------|------------------|------|------|------|------|------|
|                    | 1016             | 1221 | 1232 | 1242 | 1254 | 1260 |
| 0                  |                  | 11   | 6    |      |      |      |
| 1                  | 1                | 51   | 26   | 1    |      |      |
| 2                  | 20               | 32   | 29   | 16   | 0,5  |      |
| 3                  | 57               | 4    | 24   | 49   | 1    |      |
| 4                  | 21               | 2    | 15   | 25   | 21   |      |
| 5                  | 1                | 0,5  | 0,5  | 8    | 48   | 12   |
| 6                  |                  |      |      | 1    | 23   | 38   |
| 7                  |                  |      |      |      | 6    | 41   |
| 8                  |                  |      |      |      |      | 8    |
| 9                  |                  |      |      |      |      | 1    |
| 10                 |                  |      |      |      |      |      |

TABLA 7

Star 3400 con un ECD (detector de Captura de Electrones) acoplado.

La columna es una capilar DB5 de 60 m de longitud.

La temperatura del horno tiene la siguiente secuencia de funcionamiento.

Bajo estas condiciones y por medio de la curva de calibrado construida por medio de los patrones, obtenemos los siguientes resultados para los puntos de muestreo.

**CONCLUSIONES**

El desarrollo de este proyecto de investigación nos ha proporcionado

| PUNTOS DE CONCENTRACION DE PCBs |       |
|---------------------------------|-------|
| Muestreo                        | (ppm) |
| 1                               | <10   |
| 2                               | <10   |
| 7                               | 46    |
| 10                              | <10   |
| 15                              | 137   |
| 22                              | <10   |

TABLA 8

| TEMPERATURA (°C) | VELOCIDAD (°C/min) | HOLD (min) | TIEMPO TOTAL (min) |
|------------------|--------------------|------------|--------------------|
| 80               | -                  | 1,0        | 1,0                |
| 200              | 30,0               | -          | 7,6                |
| 300              | 10,0               | 12,0       | 49,6               |

TABLA 9

utilizando para ello patrones contrastados y muestras recogidas de las inmediaciones de las centrales térmicas de la provincia de Las Palmas.

En cuanto a los datos de los análisis de las muestras, nos ponen en evidencia la fiabilidad del método y la aparición de este tipo de compuestos, en mayor o menor medida en ciertos puntos de muestreo. Los datos en sí no son concluyentes, ya que para serlo haría falta realizar una campaña más larga en el tiempo, pero es importante porque nos ha llevado al conocimiento de una metodología adecuada para su estudio.

En lo referente a la determinación de PAHs, con la técnica desarrollada tenemos la ventaja de que no sólo podemos cuantificar la cantidad total de PAHs presentes en el agua de mar, sino que además, podemos determinar cualitativa y cuantitativamente cada PAH por separado.

Sin embargo, la técnica desarrollada para los PCBs sólo nos permite cuantificar la cantidad total, debido



principalmente a las características propias de presentación de este tipo de compuestos y al número de congéneres que existen. El análisis se realiza por grupo y es por lo que decidimos hacer uso del detector de captura de electrones en vez del detector de masas.

Como apunte final, hemos de decir que en el análisis este tipo de compuestos debemos de tener un cuidado especial por distintas razones:

- por una parte las características de los mismos pues son residuos orgánicos muy peligrosos;
- por otro lado, el uso de grandes cantidades de disolventes orgánicos, algunos cancerígenos conocidos;
- además, la concentración tan baja de estos contaminantes hace que las posibilidades de contaminación por nuestra parte tengan efectos muy negativos en el análisis.

#### BIOGRAFÍA

##### VICTOR MANUEL RODRÍGUEZ SOSA.

Licenciado en Ciencias del Mar por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Técnico en cromatografía en el Grupo CAFMA (Control Analítico de Fuentes Medioambientales) del citado Departamento desde el año 1998.

#### DIRECCIÓN

##### Grupo CAFMA.

Campus Universitario de Tafira. Edificio Departamental de Ingenierías. Departamento de Ingeniería de Procesos. 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

Teléfono: 928 451 933

Fax: 928 451 932

#### BIBLIOGRAFÍA:

Geyer, R.A. (Ed.) (1980): "Marine Environmental Pollution, 1. Hydrocarbons". Elsevier Oceanography Series, 591 pp.

Norma ASTM D 4059-96. "Standard Test Method for Analysis of

Polychlorinated Biphenyls in Insulating Liquids by Gas Chromatography"

Mc Groddy, S.E. and Farrington J.W. (1995): "Sediment Porewater Partitioning of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Three Cores from Boston Harbor", Massachusetts. *Environmental Science & Technology*, Vol 29, nº 6, 1542-1550.

Mitchell D, Erickson, Lewis Publishers (1992): "Analytical Chemistry of PCBs", Inc, ISBN 0-87371-702-3  
Pereira, W.E.; Kuenvolden, K.A.; van Geen, A.; Luoma, S.; Fuller, C.C. and Anima, R. (1999): "A Record of Hydrocarbons Input to San Francisco Bay as Traced Biomarker Profiles in Surface Sediments and Sediments Cores". *Hostettler, Marine Chemistry*, 64, 115-127 pp.

Preston, Martin R. (1988): "Marine Pollution. Chemical Oceanography", Vol 9, pp 119-130  
Tanade, S.; Tatsukawa, R.; Tanaka, H.; Maruyama, K.; Miyazaki, N. & Fujuyama, T. (1981): "Distribution and Total Burdens of Chlorinated Hydrocarbons in Bodies of striped Dolphins (*Stenella Coeruleoalba*)". *Agric. Biol. Chem.* 45 (11), 2569-2578.

Tkalin, A.V. (1996): "Chlorinated Hydrocarbons in Coastal Bottom Sediments of the Japan Sea". *Environmental Pollution*, Vol. 91, Nº 2, pp. 183-185.

Varanasi, U. (1989): *Metabolism of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment*. CRC Press, 340 pp.

V.M. Rodríguez y J.E. González (1999): "Método para la Medida del Nivel de Contaminación de PCBs en Líquidos Aislantes Eléctricos por Medio de la Cromatografía Gaseosa". Libro de resúmenes de las Jornadas Internacionales de Ingeniería Ambiental 99ICEE.

W.E. Pereira, F.D. Hostettler, S.N. Luoma, A. Van Green, C.C. Fuller, R. Anima (1999): "Sedimentary record of anthropogenic and biogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in San Francisco Bay, California". *Marine Chemistry*, Vol. 64, pp. 99-113.

Zander M. (1980): "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Heteroaromatics". Ed. by O. Hutzinger. *The Handbook of Environmental Chemistry*. ISBN 3-540-09690-6