

**Análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos e hidrocarburos alifáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid.**

por:

PEREZ, M.  
MENDEZ, J.  
BOMBOI, Ma T.

CENTRO DE INVESTIGACIONES  
ENERGETICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS

MADRID, 1988

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES

B 11.30

AROMATICS

HYDROCARBONS

ENVIRONMENT

GAS CHROMATOGRAPHY

AIR POLLUTION

PARTICLES

AEROSOLS

AIR CLEANING

QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS

SPAIN

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Documentación Biblioteca y Publicaciones, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-Madrid, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del INIS para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. Para más detalles consúltese el informe LAEA-INIS-12 (INIS: Manual de Indización) y LAEA-INIS-13 (INIS: Thesaurus) publicado por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Este trabajo se ha recibido para su impresión en Mayo de 1988.



ANALISIS DE HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS E HIDROCARBUROS ALIFATICOS EN AEROSOLES DE LA ZONA URBANA DE MADRID

M<sup>a</sup> MILAGROS PEREZ GARCIA  
Laboratorio Cromatografía de Gases, CIEMAT-Madrid

JAVIER MENDEZ GONZALEZ  
Departamento Sanidad Ambiental, ENS. Madrid.

M<sup>a</sup> TERESA BOMBOI MINGARRO  
Departamento Sanidad Ambiental, ENS.Madrid.

1.- INTRODUCCION.

El estudio de los numerosos contaminantes que se encuentran en el medio ambiente lleva consigo el análisis de mezclas de compuestos orgánicos de extraordinaria complejidad. Es amplísima la gama de compuestos orgánicos que han sido encontrados en las partículas sedimentables o aerosoles ambientales procedentes de diversas fuentes antropogénicas de emisión (1-3).

Entre todos estos compuestos se encuentran los hidrocarburos aromáticos policíclicos, PAH que corresponden a la más extensa clase de cancerígenos químicos conocidos hoy día y debido a estas características de riesgo son los compuestos más estudiados en las muestras ambientales.

La fuente principal de hidrocarburos tanto alifáticos como aromáticos polinucleares es la creciente actividad tecnológica que tiene lugar en las sociedades industrializadas, de aquí que las concentraciones de éstos sean altamente significativas en las zonas urbanas (4-5).

Los PAH se forman en los procesos de combustión incompleta de la materia orgánica y su presencia en las muestras reales es en forma de mezclas complejas formadas por cientos de estos compuestos a muy diferentes rangos de concentración (1)(6).

El objetivo de este trabajo ha sido obtener unos primeros datos sobre el grado y tipo de contaminantes ambientales en la zona urbana de Madrid en lo que a hidrocarburos aromáticos policíclicos, PAH, e hidrocarburos alifáticos, AH se refiere, y hacer una determinada apreciación sobre el posible origen de los mismos.

Los datos suministrados corresponden al primer período semestral

del año 1987, no obstante abarcan a tres de las cuatro estaciones del año y los resultados los consideramos de utilidad e interés como base a posteriores trabajos de mayor profundidad a este respecto.

Hemos de indicar también que con él se pretende hacer mención a la aplicación de las diferentes técnicas que venimos utilizando en este tipo de análisis de compuestos orgánicos cuyo estudio, comprobación y eficiencia venimos demostrando (7-8).

## 2.- PARTE EXPERIMENTAL.

### 2.1 Técnica y características del muestreo.

El muestreo se llevó a cabo en muestreadores de gran caudal (MCV) MOD. CAV.P, cuya capacidad de captación es de 35-40 m<sup>3</sup>/h en filtros de fibra de vidrio, GF-A, Whatman de 15 cm de diámetro. Los filtros fueron previamente calcinados a 450 °C durante 24 horas.

La aplicación de esta técnica permite la captación de hidrocarburos alifáticos de peso molecular aproximadamente superior al hexadecano y de hidrocarburos polinucleados a partir de tres anillos ya que por debajo de estos órdenes cabe la posibilidad de no ser captados o que se produzca la volatilización de los mismos (9-10).

La toma de muestra se llevó a cabo en dos puntos distintos de la Ciudad Universitaria de Madrid. Uno de ellos situado en la terraza de la Escuela Nacional de Sanidad (Universidad Complutense) a unos 15 m del suelo aproximadamente (~550m de altitud) y el otro en la entrada principal del edificio del Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) al nivel del suelo.

En ambos lugares se registra un tráfico relativamente intenso de máxima densidad entre las 9 y las 18 horas del día. La zona está clasificada como residencial con un aporte de contaminación por calefacciones relativamente pequeño.

El período de toma de muestras fue de 24 horas en el centro CIEMAT y de 22 horas en la E.N.S.

Se han tomado un número determinado de muestras a lo largo de los seis primeros meses del año 1987.

Los filtros expuestos, una vez retirados del CAV fueron guardados a -10 °C en frascos opacos o bien envueltas en papel de aluminio en placas petri de dimensiones adecuadas hasta el momento de su extracción.

En la TABLA 1 están indicadas las características generales de las muestras estudiadas, puntos de muestreo y parámetros meteorológicos respectivos.

### 2.2. Procedimientos de extracción y concentración.

En el tratamiento de extracción se utilizaron dos técnicas diferentes la de Soxhlet en las muestras tomadas en la E.N.S. y la ultrasonido en las correspondientes al CIEMAT. El disolvente utilizado en ambos casos fue ciclohexano, cuya capacidad de extracción ha sido ampliamente demostrada (11-13).

El proceso de Soxhlet se realizó con 80 mL de disolvente siendo su

duración entre 8 y 10 horas, correspondiendo alrededor de 20-30 sifonadas (14-15).

La extracción por ultrasonido se llevó a cabo con 50 mL de disolvente durante 20 minutos, realizando a continuación una centrifugación a 4000 rpm durante otros 20 minutos. El filtro extraído fue de nuevo centrifugado con un volumen igual de disolvente durante 10 minutos. Unidos estos dos volúmenes se procedió a su concentración (16-17).

### 2.3 Técnicas de purificación.

Los extractos obtenidos según las técnicas indicadas en el apartado anterior, una vez concentrados en rotavapor, fueron de nuevo concentrados bajo corriente de nitrógeno a volúmenes aproximados de 0,5-1,0 mL procediendo con éstos a su purificación o clean-up.

La purificación se llevó a cabo en columna de gel de sílice de 70-210 mallas. La gel de sílice fue previamente lavada y tratada en Soxhlet con cloruro de metileno durante 24 horas y activada a 100 C durante igualmente 24 horas y desactivada con 5% de H<sub>2</sub>O.

La elución se hizo inicialmente con 20 mL de hexano para la obtención de hidrocarburos alifáticos (fracción I) seguida de 40 mL de hexano-cloruro de metileno, al 25% eluyendo los hidrocarburos aromáticos (FRACCION II) (18-19).

Cada una de estas eluciones se concentran en rotavapor a 1 mL procediendo a posterior concentración bajo corriente de nitrógeno a volúmenes de órdenes de microlitros, siendo los volúmenes función de su contenido, así pues, de aproximadamente 400-600 µL para la FRACCION I y entre 100-300 µL para la FRACCION II.

El proceso seguido desde la toma de muestras hasta la obtención de las FRACCIONES I y II respectivamente viene esquematizado en la FIGURA 1.

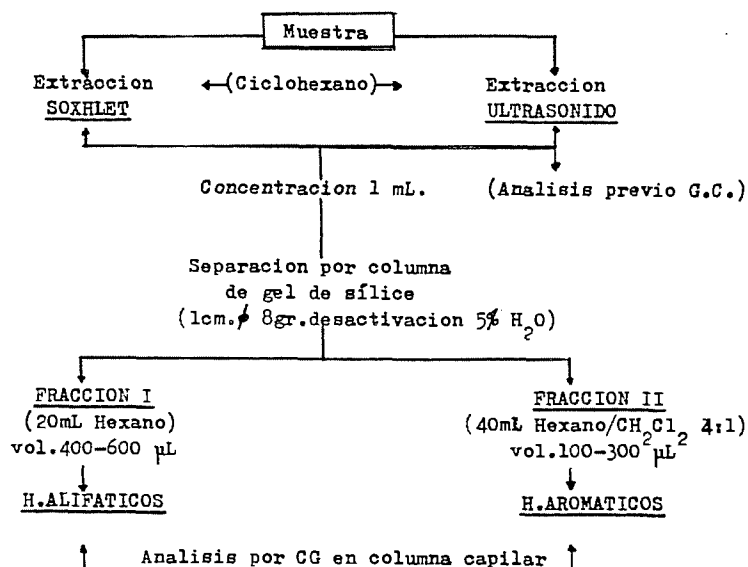


FIGURA 1.- Esquema analítico seguido para las muestras ambientales.



#### 2.4 Análisis cromatográfico.

El análisis tanto de los extractos como de las fracciones correspondientes a los hidrocarburos alifáticos y aromáticos policíclicos se ha llevado a cabo por cromatografía de gases de alta eficiencia en columnas capilares de sílice fundida de 25 a 30 m de longitud con fase ligada. Las fases estacionarias utilizadas han sido SE-30 y SE-54 respectivamente. El sistema de detección ha sido en todos los casos ionización de llama, FID, y la técnica de inyección sin repartidor de flujo (split-less).

#### Control cromatográfico de extractos.

Previamente al "clean-up", y, a título selectivo y de control de las muestras tomadas, se hicieron los cromatogramas correspondientes a los extractos en un cromatógrafo PE-8310 computarizado con tratamiento de datos incorporado. La columna utilizada fue de 25 m de SE-54 y bajo las condiciones cromatográficas siguientes (7-8).

Temperatura columna programada.	100 °C (1min), 5 °C/min---	285 °C
Temperatura de inyector.....	260 °C	
Temperatura del detector.....	300 °C	
Gas portador N <sub>2</sub> .....	1,8 mL/m	
Inyección.....	split-less	1 µL

En la FIGURA 2 se indican algunos cromatogramas de estos extractos. Hemos elegido uno de cada mes de los estudiados y correspondientes todos ellos a muestras a las que se ha realizado el proceso de clean-up y análisis cuantitativo de sus respectivas fracciones. Todas ellas están indicadas por lo tanto en la TABLA 1.

#### Análisis cromatográfico de los PAH y AH.

El análisis de los hidrocarburos aromáticos policíclicos PAH, (FRACCION II), se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard, Mod 5980A con integrador IIP 3392A.

La columna utilizada fue de SE-54, de 30 m de longitud y 0,25 mm d. i. y las condiciones cromatográficas operativas fueron:

Temperatura columna programada..	100 °C (1min), 3,5 °C(min--	290 °C
Temperatura del inyector .....	270 °C	
Temperatura del detector.....	300 °C	
Gas portador He.....	0,9 mL/min	
Inyección.....	Split-less,	1-2 µL

En el análisis de los hidrocarburos alifáticos se empleó un cromatógrafo DANI-6800 con integrador Schimadzu.

La columna utilizada fue de SE-30 y las condiciones cromatográficas, fueron las mismas excepto la temperatura de inyección que fue de 290 °C y la de la columna programada de 50 °C inicial (1 min) 10 °C/min

hasta 100 °C y después a 3,5 °C/min hasta 290 °C.

El análisis cuantitativo se realizó mediante patrón externo, utilizando patrones comerciales en ambos casos (CROMLAB) a diluciones convenientes. Se determinaron los factores de respuesta absolutos bajo repetidas inyecciones haciendo diariamente la correspondiente comprobación, previamente al análisis de la muestra (20-22).

### 3.- RESULTADOS Y DISCUSION.

De las numerosas muestras tomadas a lo largo del período de los seis meses, se hizo una selección para su "clean-up" y análisis cuantitativo en función de los resultados obtenidos en los cromatogramas de los extractos, a fin de evitar el exceso de resultados reiterativos y se ha elegido un número promedio más o menos igual de cada uno de los puntos de muestreo (TABLA 1).

Como juicio global de la FIGURA 2, hemos de indicar que el conjunto total de contaminantes va en decrecimiento de enero a junio, siendo muy marcada la diferencia entre invierno y verano debido posiblemente a las causas que expondremos a continuación al hacer la interpretación de los resultados cuantitativos.

Los resultados obtenidos de los análisis de las dos fracciones I y II obtenidos de los AH y PAH respectivamente se encuentran reflejados en las TABLAS 2 y 3.

Si se observan los resultados indicados en ambas tablas para los dos tipos de hidrocarburos, no se aprecian discrepancias apreciables de valores en lo que se refiere a la aplicación de las técnicas utilizadas para su extracción de filtros, Soxhlet y ultrasonido, pudiendo pues ser ambas utilizadas indiscriminadamente, en consideración a sus propias ventajas e inconvenientes.

En los cromatogramas obtenidos de la FRACCION I correspondiente a los hidrocarburos alifáticos FIGURA 3, A y B se puede observar, aparte de una gran cantidad de picos cromatográficos, la aparición de la envolvente representativa de una mezcla indefinida de hidrocarburos no resueltos, UCM (unresolved compounds mixture), característica de los compuestos de combustión provenientes del petróleo que da una idea cualitativa del nivel de este tipo de contaminación. Se aprecia igualmente la serie de alcanos comprendida desde el C-16 al C-34. Hemos de tener en consideración que los alcanos inferiores al C-16, dada su volatilidad no se llegan a recoger en el aerosol. Sucede igualmente con los hidrocarburos isoprenoides tales como el pristano y el fitano, que también aparecen como se puede apreciar, en bajas concentraciones. No obstante, su presencia, al ser productos de diagénesis del fitol, denuncian, junto con la UCM el origen de combustibles (23).

En las muestras correspondientes a los meses de enero a marzo, existe un predominio de alcanos próximos al C<sub>23</sub> que indica una contaminación procedente de los gases de combustión tanto de automóviles como de calefacciones como puede verse en los cromatogramas A y B de la FIGURA 3. Es también de destacar en las muestras correspondientes a mayo y junio la presencia de C-27, C-29 y C-31 que aunque aparecen en todas las muestras, son más patentes en estas últimas ya que proceden de ceras vegetales. Este hecho no es de extrañar ya que ambos puntos de muestreo están instalados en zonas muy arboladas .

En la TABLA 2 se indica, como dato de interés, la relación de

carbono par a carbono impar, CPI, (index predominance carbone) expresado como EC impares/ EC pares. Este valor en todos los casos es superior a 1. Según datos bibliográficos (23) el crudo tiene un valor representativo  $\approx 1$ . En nuestros resultados correspondientes a los meses de mayo y junio el valor es muy superior a 1, indicativo pues de un predominio de hidrocarburos de origen biogénico (24).

Para mejor y más fácil comprensión de todo lo anteriormente expuesto se ha efectuado una representación de distribución de los alcanos "distribution pattern" expresada en  $\text{ng/m}^3$  por cada alcano  $C_n$ , y que indicamos en la FIGURA 4 correspondientes a muestras cuyas fechas vienen expresadas en la misma, intercomparada con correspondiente a un crudo de petróleo indicado por Simoeit y colaboradores (23).

Los resultados correspondientes a la FRACCION II vienen indicados en la TABLA 3. Se han identificado 20 hidrocarburos aromáticos policíclicos, pudiéndose destacar fundamentalmente los siguientes: Fenantreno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, trifenileno, benzo(b)fluoranteno, benzo(e)pireno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno y benzo(g,h,i)perileno. Todos ellos aparecen en todas las muestras analizadas, y que, como es sabido, son característicos en la composición del aerosol atmosférico. En la FIGURA 5 se muestran los cromatogramas del análisis de esta fracción correspondientes, a estaciones diferentes, la M-3 y la M-19 donde se evidencian estos compuestos.

Como se puede apreciar se han podido separar algunas parejas de isómeros de interés por su actividad cancerígena como son el benzo(b)-fluoranteno del benzo(k)fluoranteno así como el benzo(e)pireno, que no presenta dicha actividad del benzo(a)pireno que es muy activo haciendo notar que las concentraciones de este último son superiores al del benzo(e)pireno, en todas las muestras analizadas. Siendo de órdenes entre 5,6 y 0,1  $\text{ng/m}^3$ .

Los valores totales de PAH correspondientes a las muestras de enero que, como ya hemos indicado presenta el mayor índice de contaminación, alcanzan órdenes de 32  $\text{ng/m}^3$  y los valores más bajos corresponden al mes de junio, 0,4  $\text{ng/m}^3$ , época ésta en la cual no existen contaminantes procedentes de calefacción urbana y el tráfico es menor.

El incremento de determinados factores meteorológicos y químicos como pueden ser temperatura, radiación solar, oxidantes etc, dan origen a una disminución de contaminantes aunque teniendo en cuenta que su influencia no es ni en todos los contaminantes ni de la misma forma. Así tenemos pues que los compuestos de cuatro anillos su permanencia en forma volátil es mayor en los meses cálidos disminuyendo por tanto su captación, y como también los tetracíclicos proceden de la combustión de la calefacción han de tender a desaparecer en estos meses (25).

Otros hidrocarburos como el benzo(g,h,i)perileno y el coroneno, (este último no considerado en este estudio) compuestos característicos de la combustión de gasolinas permanecen en la materia particulada de

aquí que el primero se encuentre en concentraciones significativas a lo largo de todo el período estudiado oscilando entre 6,3-7,3 ng/m<sup>3</sup> (período enero a marzo) y 0,37 ng/m<sup>3</sup> (período mayo junio).

Como se puede apreciar las concentraciones de perileno tienen valores bajos, explicable dado su origen natural.

#### 4. - AGRADECIMIENTOS.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los señores A. Campos y D. González del CIEMAT y a D<sup>a</sup> Pilar Armendariz de la ENS por su esmerado trabajo en la concentración de los extractos y realización de los cromatogramas correspondientes.

5. - BIBLIOGRAFIA.

1. - GERNOT GRIMMER EDITOR

"Environmental Carcinogens: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons".  
CRC Press, Inc. 1983.

2. - GASCO SANCHEZ, L. ; PEREZ GARCIA, Ma M.

"Transformaciones químicas de contaminantes atmosféricos. Evaluación por cromatografía y técnicas afines".  
Informe: JEN/PRYMA/M6/B-3/85. 1985.

3. - PEREZ GARCIA, Ma M.

"Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Contaminantes ambientales cancerígenos".  
Química e Industria. 33, 481-485(1987).

4. - PYSALO, H. ; TUOHINEM, J. y otros.

"Polycyclic organic material (POM) in urban air. Fractionation, chemical analysis and genotoxicity particulate and vapour phases in an Industrial Town in Finland".  
Atmospheric Environment 21. 1167-1180(1987).

5. - GROSJEAN, D.

"Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in los Angeles air from samples collectec on teflon glass and quartz filters".  
Atmosf. Environ. 17, 2665-2573, (1982).

6. - LEE, M. L.; NOVOTNY, M.; y otros.  
"Analytical Chemistry of Polycyclic Aromatic Compounds".  
Academic Press NY 1981.
  
7. - PEREZ GARCIA, M<sup>a</sup>. M.; GONZALEZ DIAZ, D.  
"Análisis de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos I. Determinación por Cromatografía de Gases con columnas capilares de vidrio de sílice fundida".  
Informe CIEMAT 602. (1987).
  
8. - PEREZ GARCIA, M<sup>a</sup> M.; GONZALEZ DIAZ, D.  
"Separación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Ambientales por Cromatografía de Gases empleando como fases estacionarias OV-1 y SE-54".  
Informe. CIEMAT/PRYMA/UMAC/M2B/4/87.
  
9. - EICHMANN, R; NEULING, P., y otros.  
"Alcane studies in the troposphere. I Gas and particulate concentrations in North Atlantic air.  
Atmospheric Environment. 13. 587-599 (1979).
  
10. - RAYMOND, M. H.; KAR-WAH CHAN  
"Measurement of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the air a long the Niagara River".  
Environ. Sc. technol. 21. 556-561. (1987).



11. - HUYNH, C.K. ; VUDUC, T. y otros.  
"In stack dilution technique for the sampling of Polycyclic Organic Compounds. Application to effluents of a domestic waste incineration plant".  
Atmospheric Environment 18, 255-259(1984).
  
12. - LIOY, P. J. ; DAISEY, J. M.  
"Airborne toxic elements and organic substances".  
Environ. Sci. Technol. 20, 8-14, (1986).
  
13. - CRETNEY, J. R. ; LEE, H. K. y otros.  
"Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in air particulate matter from a lightly industrialized urban area".  
Environ. Sci. Technol. 19, 397-404, (1985).
  
14. - THRANE, K. E. ; MIKALSEN, A.  
"High-Volume sampling of airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbons using glass fibre filters and polyuretane foam".  
Atmospheric Environment 15, 909-918, (1981).
  
15. - HOFF, R. M. ; CHAN, KAR-WAH.  
"Measurement of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the air along the Niagara River".  
Environ. Sci. Technology. 21, 556-561, (1987).

16. - NIELSEN, T.

"Isolation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nitro derivatives in complex mixtures by liquid Chromatography".

Anal. Chem. 55, 286-290, (1983).

17. - FITZ, D. E. ; LOKENSGAEN, D. M. y otro.

"Investigation of filtration artefacts when sampling ambient particulate matter for mutagen assay".

Atmospheric Environment 18, 205-213, (1984).

18. - LATER, D. W. ; LEE, M. L. Y., y otros.

"Standardization of alumina and silica adsorbents used for chemical class separations of polycyclic aromatic compounds".

Analytical Chemistry, 57, 2979-2984 (1985).

19. - SZEPESEY, L. ; LAKSZNER, K., y otros.

"Rapid method for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in environmental samples by combined liquid and gas chromatography".

Journal of chromatography 206, 611-616, (1981).

20. - TONG, H. Y. ; KARASEK, F. W.

"Flame ionization detector response factors for compound classes in quantitative analysis of complex organic mixtures".

Anal. Chem. 56, 2124-2128, (1984).

21. - TONG, H. Y. ; KARASEK, F. W.  
"Quantitation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in diesel exhaust particulate matter by High-Performance Liquid Chromatography and High-Resolution Gas Chromatography".  
Anal. Chem. 56, 2129-2134, (1984).
22. - PEREZ GARCIA, M. M. ; GONZALEZ DIAZ, d.  
"Análisis de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos II. Estudio de los factores de respuesta del detector de ionización de llama".  
Informe: CIEMAT/PRYMA/UMAC/M5A04/-1/88.
23. - BERND R. T. SIMONEIT  
"Characterization of Organic Constituents in Aerosols in Relation to their origin and transport: A Review".  
International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 23.3 (1985).
24. - SICRE, M. A. ; APARICIO, X. ; ALBAIGES, J. y otros.  
"Alifatic and Aromatic Hydrocarbons in different sized aerosols over the Mediterranean Sea: Occurrence and origin".  
Atmospheric Environment, 21, 2247-2259, (1987).
25. - MASCLLET, P. ; MOUVIER, G.  
"Reactive decay index and sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons".  
Atmospheric Environment. Vol. 2, No 3 pp(438-446) (1986).

TABLA 1. - CARACTERISTICAS Y PARAMETROS METEOROLOGICOS CORRESPONDIENTES A LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

Ref. Muestra	Puntos de muestreo	Toma muestra Fecha 1987	Volumen Muestra m <sup>3</sup>	C		Presión media Hectopascales	Precipitación mm <sup>3</sup>	Dirección Viento predom.	Horas de Sol	H. relativa Media mensual
				Máx.	Mín.					
M - 1	E. N. S.	20-21/01	1421			943,8	-	-	-	
M - 2	CIEMAT	26-27/01	1756	3,4	- 2,0	939,3	9,5	-	-	32%
M - 3	CIEMAT	27-28/01	959	12,2	- 7,0	932,5	6,5	-	-	
M - 4	E. N. S.	29-30/01	1903	10,4	- 7,0	921,4	12,0	-	-	
M - 5	CIEMAT	10-11/02	1865	7,3	- 3,3	930,6	4,0	3er Cuadrante	0,9	
M - 6	CIEMAT	12-13/02	1920	9,7	- 2,5	928,6	-	4 Cuadrante	3,7	72%
M - 7	E. N. S.	27-01/02	1864	18,8	- 7,8	953,3	-	3er Cuadrante	8,6	
M - 8	E. N. S.	17-18/03	642	11,7	- 7,7	933,0	5,1	3y4 Cuadrante	2,8	
M - 9	CIEMAT	23-24/03	1848	7,2	- 0,8	941,4	1,1	3er Cuadrante	0,7	
M -10	CIEMAT	26-27/03	651	14,7	- 3,7	950,0	-	3er Cuadrante	4,7	54%
M -11	E. N. S.	30-31/13	636	-	-	-	-	-	-	
M -12	E. N. S.	31- 1/03	635	16,0	- 4,5	940,0	-	4 Cuadrante	-	
M -13	E. N. S.	2- 3/04	632	11,4	- 6,7	926,1	10,7	3er cuadrante	2,3	
M -14	CIEMAT	6- 7/04	1331	15,5	- 8,4	934,8	4,3	3er Cuadrante	0,1	58%
M -15	E. N. S.	4- 5/05	629	18,0	- 5,6	947,0	-	1er Cuadrante	13,2	
M -16	CIEMAT	18-19/05	1928	19,2	- 8,4	938,8	-	1er Cuadrante	11,3	46%
M -17	E. N. S.	28-29/05	656	22,5	- 11,2	946,2	-	1er Cuadrante	13,5	
M -18	E. N. S.	9-10/06	656	20,0	- 11,2	936,5	-	3y4 Cuadrante	11,0	
M -19	CIEMAT	15-16/06	1932	20,0	- 9,8	942,5	-	4 Cuadrante	13,0	40%
M -19	CIEMAT	24-26/06	1838	31,0	- 18,8	945,3	-	Calma	8,9	

TABLA 2.- RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS HIDROCARBUROS ALIFATICOS CORRESPONDIENTES A LA FRACCION I, EXPRESADOS EN ng/m<sup>3</sup> DE AIRE.

	COMPUES;	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20
TOS	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
C14	-	-	-	-	0.09	0.21	1.42	2.44	-	-	1.28	1.06	-	-	-	0.22	-	-	0.20	0.14	
C15	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C16	0.44	0.30	-	-	0.15	-	0.44	8.00	-	-	1.39	0.60	0.21	-	0.22	0.12	0.20	0.23	-	0.03	
C17	0.74	0.74	0.19	0.10	0.26	0.43	-	-	0.21	-	0.27	-	-	-	0.29	-	0.04	0.11	0.07		
PRISTANO	0.44	0.44	0.09	0.05	0.20	-	-	-	0.06	-	0.15	-	-	-	0.10	-	0.01	0.05	0.54		
C18	1.30	1.27	0.43	0.23	0.80	0.84	0.27	0.73	0.34	0.29	1.01	0.33	0.16	-	0.17	0.56	0.13	0.14	0.18	0.11	
FITANO	0.80	0.71	0.20	0.11	0.52	0.45	0.18	0.35	0.26	0.11	0.36	0.07	0.09	-	0.06	0.33	-	0.05	0.09	0.08	
C19	4.72	4.01	1.16	0.68	2.17	2.18	0.39	0.61	1.19	0.11	0.75	0.16	0.12	-	0.11	1.30	0.07	0.06	0.43	0.28	
C20	8.85	5.95	1.35	0.86	4.37	2.32	0.67	1.22	1.56	0.28	1.83	0.41	0.24	0.44	0.20	2.09	0.14	0.14	0.47	0.32	
C21	14.30	9.33	2.31	1.76	8.68	2.73	1.55	1.60	2.07	-	3.51	0.55	0.58	0.77	0.28	3.99	0.08	0.12	0.73	0.40	
C22	15.59	14.54	4.08	3.50	9.99	3.43	4.02	3.96	2.51	1.14	9.72	2.78	1.03	1.61	0.60	5.00	0.54	0.43	1.16	0.50	
C23	13.60	18.07	6.01	4.65	8.38	5.08	5.64	8.54	3.48	3.20	14.38	6.68	1.87	2.50	1.37	5.78	0.99	0.76	1.94	0.80	
C24	9.21	13.25	5.46	3.72	5.12	3.81	6.13	10.18	3.08	5.50	13.48	7.73	2.07	2.24	1.82	6.69	1.54	1.15	1.60	0.69	
C25	6.24	8.53	4.37	2.52	3.02	3.40	6.88	33.67	3.21	5.60	11.53	8.33	2.37	1.90	4.61	8.81	3.20	2.29	3.31	1.80	
C26	3.43	4.13	2.52	1.31	1.35	1.42	5.44	6.11	1.85	3.59	7.63	4.67	1.22	0.93	2.10	1.97	2.02	1.65	1.20	1.08	
C27	6.88	7.67	4.76	2.34	2.10	2.93	14.47	12.79	4.88	7.06	15.14	12.23	3.56	2.22	24.22	8.42	8.39	6.73	16.08	5.97	
C28	2.32	2.76	2.59	1.19	0.73	1.57	5.88	6.10	1.89	3.14	7.64	3.74	1.20	0.60	2.55	4.43	2.05	1.97	1.30	1.57	
C29	12.61	10.86	5.27	2.08	1.88	4.59	19.26	11.71	6.42	7.79	17.08	16.39	5.58	2.45	34.08	9.99	13.45	12.06	18.55	12.29	
C30	6.93	2.48	3.77	1.94	1.42	2.72	10.83	5.51	3.57	3.97	7.01	4.55	0.81	1.43	2.18	5.88	1.59	1.42	1.83	3.05	
C31	2.46	1.37	3.45	0.76	0.85	2.02	15.68	9.00	4.53	6.48	7.38	16.11	0.81	1.62	17.56	8.36	9.76	5.28	5.88	8.30	
C32	-	-	2.41	0.72	1.29	0.52	3.98	3.98	1.60	1.89	12.48	0.31	0.47	0.70	1.83	11.71	0.20	1.01	1.09	1.16	
C33	4.76	3.77	2.21	0.69	-	-	-	4.91	-	3.47	7.31	-	1.78	-	5.73	2.07	3.10	2.02	2.10	3.18	
C34	-	1.88	0.84	-	-	-	2.16	1.94	0.95	1.01	4.95	-	-	-	1.10	1.54	0.22	0.19	-	0.93	
C-PARE.	50.58	46.05	23.45	13.47	25.31	16.87	41.24	50.17	17.35	20.81	68.42	26.18	7.41	7.95	12.77	40.21	8.67	8.33	9.03	9.60	
C-HPA.	63.90	64.86	30.57	15.58	27.45	23.52	63.87	82.83	25.99	33.71	77.49	60.42	16.69	11.46	87.96	49.01	39.04	29.36	49.13	33.09	
IPC	1.26	1.40	1.30	1.15	1.08	1.79	1.54	1.65	1.49	1.62	1.13	2.30	2.25	1.44	6.88	1.21	4.52	3.52	5.44	3.44	
TOTAL	115.72	112.06	54.31	29.21	53.48	40.81	105.29	133.35	43.66	54.63	146.42	86.67	24.19	19.41	100.79	89.65	47.67	33.75	58.30	43.31	

TABLA 3. - RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS PAH CORRESPONDIENTES A LA FRACCION II.

CROMATOGRAMA																					
PICO N.	COMPUESTOS	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20
1	FLUANTRENO	0.64	0.38	0.08	0.09	0.22	0.19	0.14	0.35	0.15	-	0.18	0.19	-	0.06	0.06	0.17	-	-	-	0.05
2	ANTRACENO	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	METIL ANTRACENO	0.10	0.08	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	FLUORANTENO	2.53	1.48	0.28	0.34	0.90	0.45	0.34	0.66	0.29	0.13	0.57	0.42	0.08	0.18	0.10	0.42	0.10	-	0.07	0.18
5	PIRENO	3.73	1.58	0.42	0.49	1.36	0.77	0.52	0.77	0.68	0.18	0.65	0.55	0.12	0.26	0.10	0.66	0.09	0.02	0.10	0.15
6	11(H)BENZO(a)FLUORENO	0.93	0.35	-	0.04	0.33	0.11	-	-	-	-	0.14	0.08	-	-	-	0.12	0.04	-	-	-
7	11(H)BENZO(b)FLUORENO	0.34	0.49	0.03	0.06	0.36	-	0.07	-	0.13	0.06	0.05	-	-	0.05	0.04	0.20	0.05	0.02	0.04	0.10
8	BENZO(a)ANTRACENO	3.13	5.35	1.02	0.87	1.87	0.56	0.70	0.97	0.44	0.54	1.61	0.80	0.12	0.28	0.07	0.06	-	-	0.16	0.17
9	CRISENO + TRIFENILENO	3.17	4.48	0.98	1.87	2.76	0.69	1.33	2.53	0.42	0.89	1.49	1.17	0.25	0.67	0.24	0.60	-	-	0.15	0.27
10	BENZO(b)FLUORANTENO	1.70	0.74	0.97	1.36	0.40	0.61	1.79	2.74	0.72	1.28	1.48	0.69	0.20	0.56	0.29	0.79	0.31	-	0.26	0.39
11	BENZO(k)FLUORANTENO	0.86	6.37	0.32	1.43	0.05	-	0.71	-	-	0.49	0.45	-	-	-	-	0.71	-	-	-	-
12	BENZO(e)PIRENO	0.82	2.30	-	0.42	0.06	0.34	-	-	0.18	1.06	1.16	0.73	-	0.18	0.13	0.29	0.24	0.04	-	0.17
13	BENZO(a)PIRENO	5.59	0.38	0.97	1.05	3.70	0.91	1.52	2.86	0.58	1.41	0.79	1.68	-	0.96	0.11	0.67	0.09	-	-	0.20
14	PERILENO	0.38	-	0.14	0.13	0.21	-	0.26	0.48	-	0.05	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	INDENO(1,2,3 cd)PIRENO	0.83	1.74	0.36	0.39	0.90	0.26	0.25	1.19	0.20	1.66	1.40	0.67	-	-	-	0.10	-	-	-	0.25
16	BENZO(g,h,i)PERILENO	3.21	6.34	1.45	2.32	0.77	0.46	4.04	7.37	1.24	3.10	2.47	2.94	-	0.94	0.81	1.66	1.77	0.37	0.69	0.71
	AROMATICOS	28.04	32.06	7.02	10.86	13.93	5.35	11.67	19.92	5.03	10.85	12.66	9.92	0.77	4.14	1.95	6.99	2.69	0.45	1.47	2.64

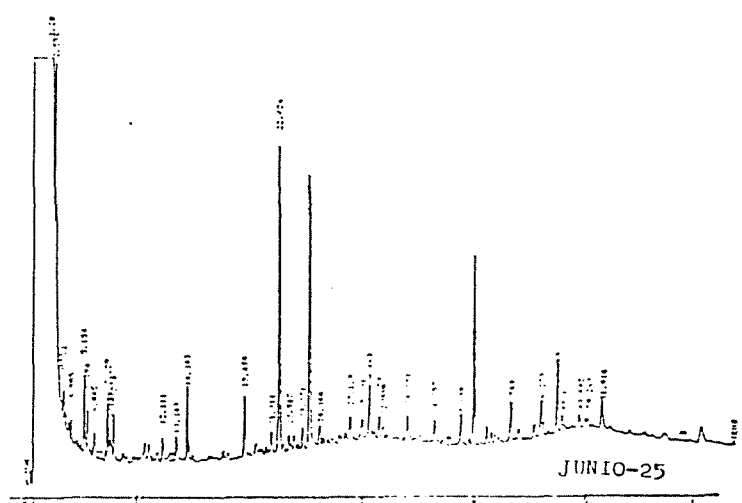
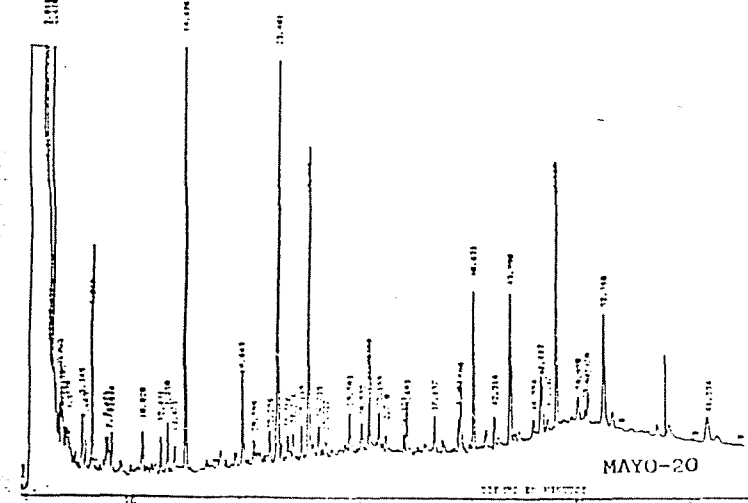
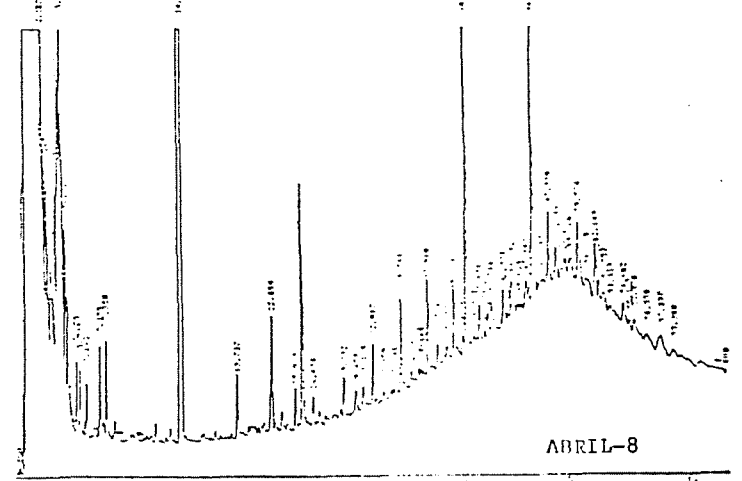
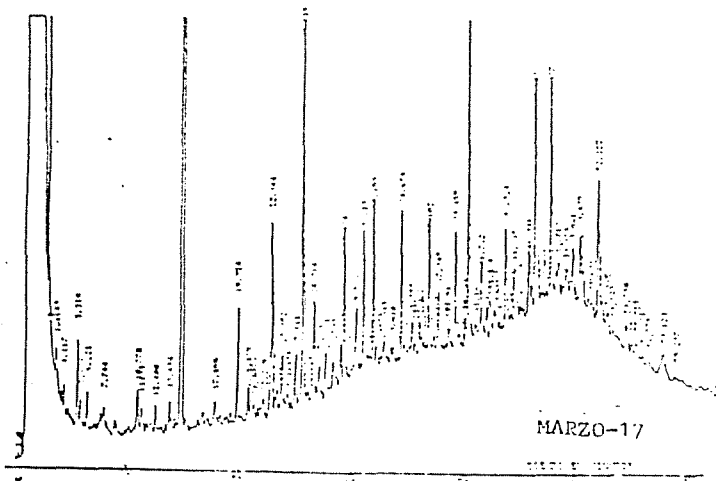
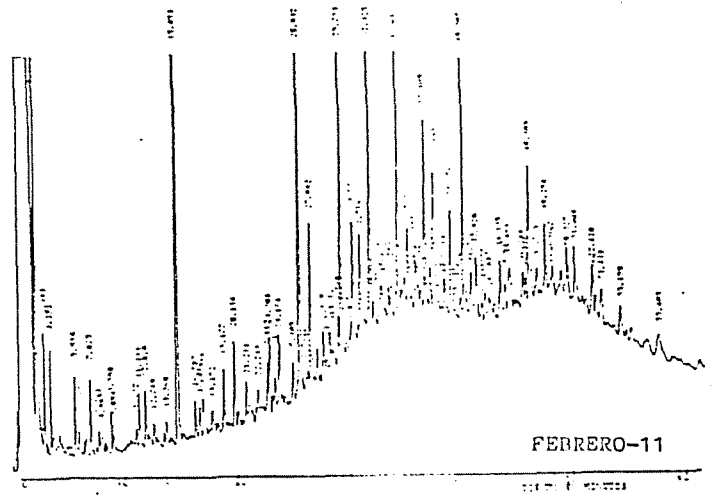
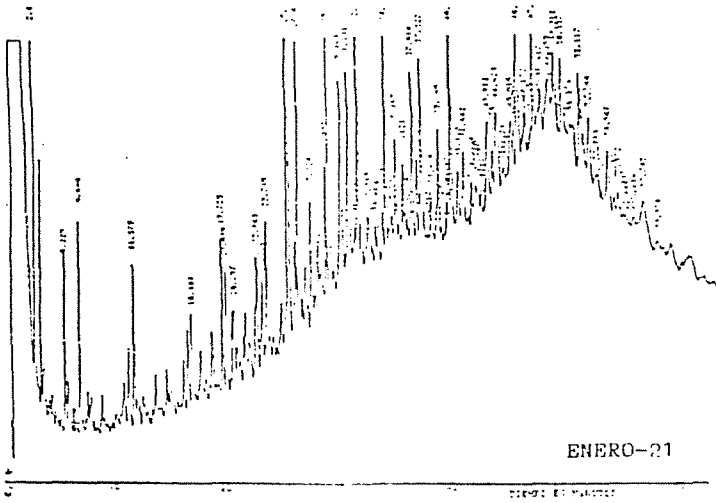


FIGURA 2.- Cromatogramas de los extractos en columna capilar de sílice fundida 25m, SE-54.

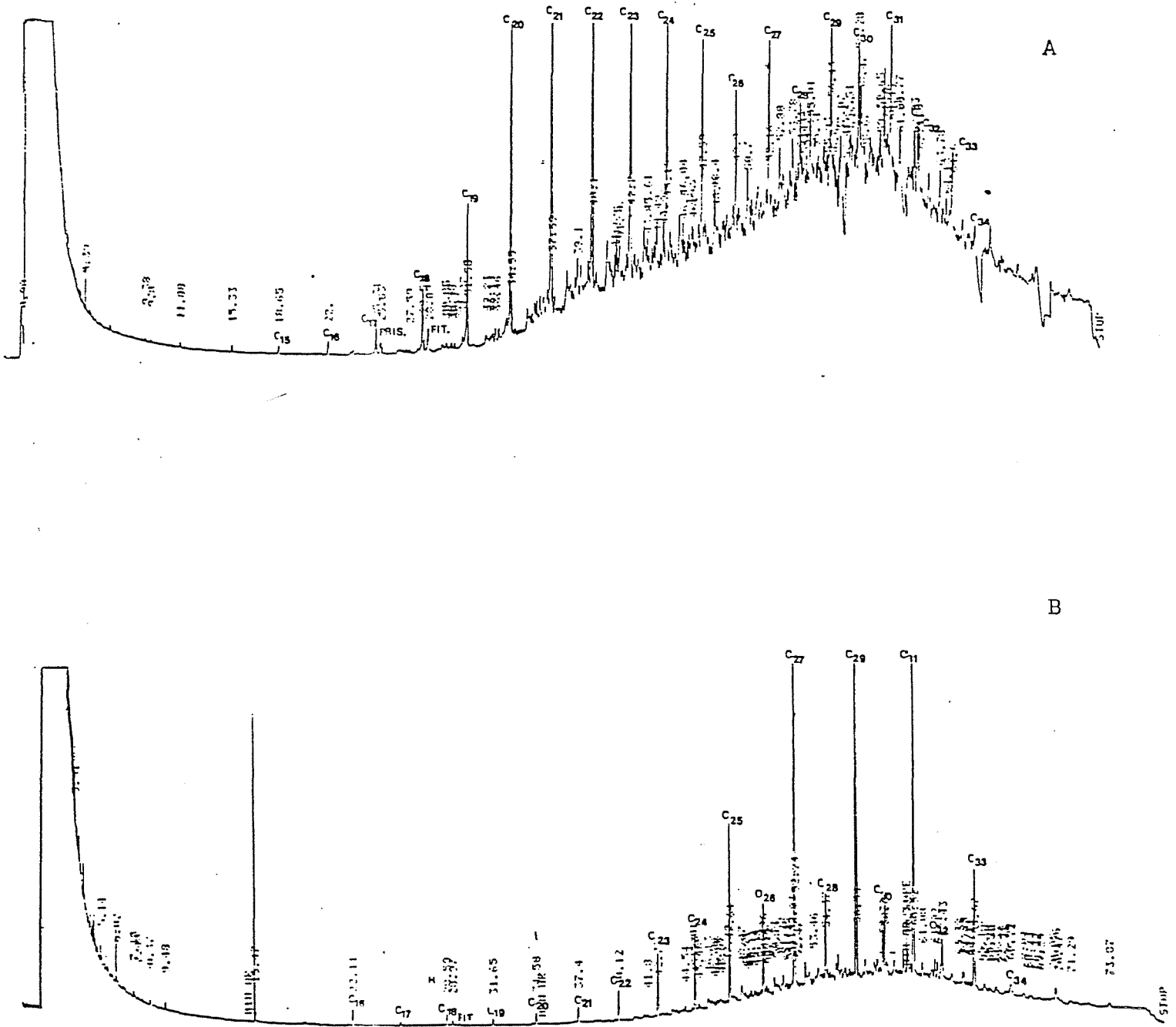
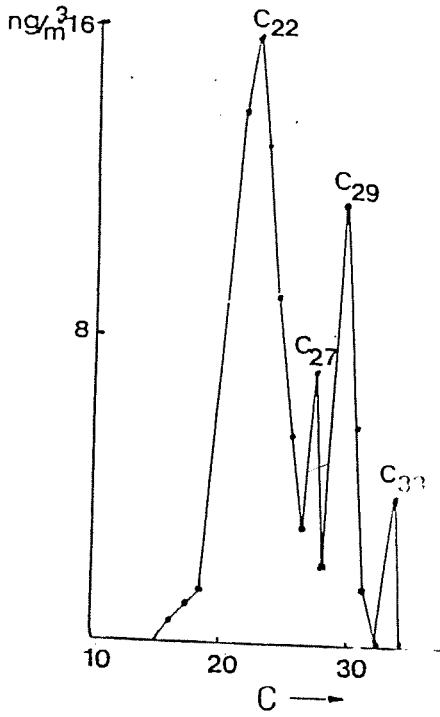


FIGURA 3.- Cromatograma de la FRACCION I en columna capilar de sílice fundida de SE-30.

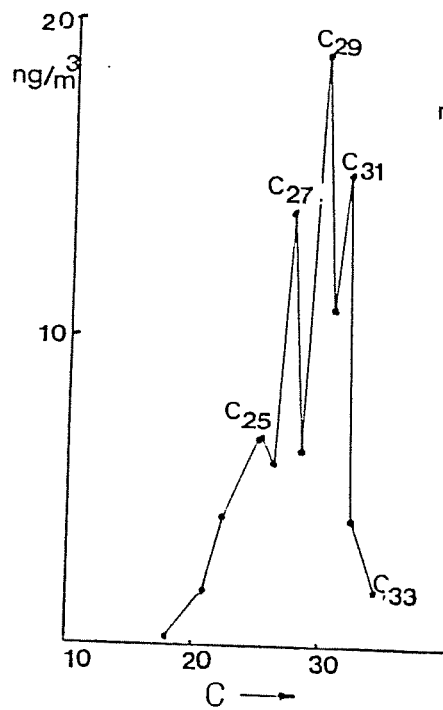
- A) M-3 (21-1-87)
- B) M-19 (16-6-87)



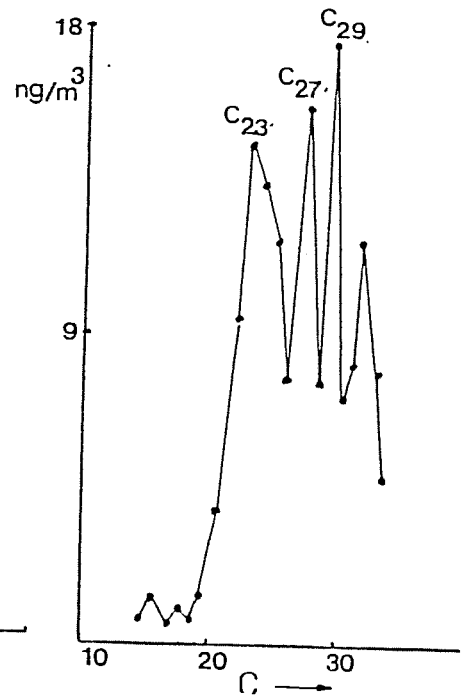
FIGURA 4.- Representación de distribución de los alcanos expresada en  $\text{ng}/\text{m}^3$ .



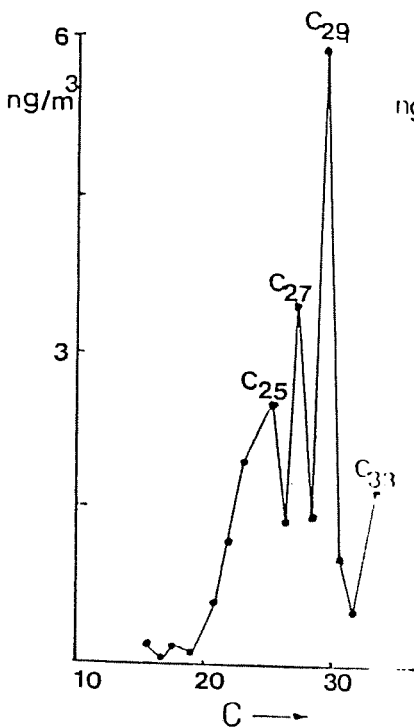
21 Enero  $115,7 \text{ ng}/\text{m}^3$   
IPC = 1,2



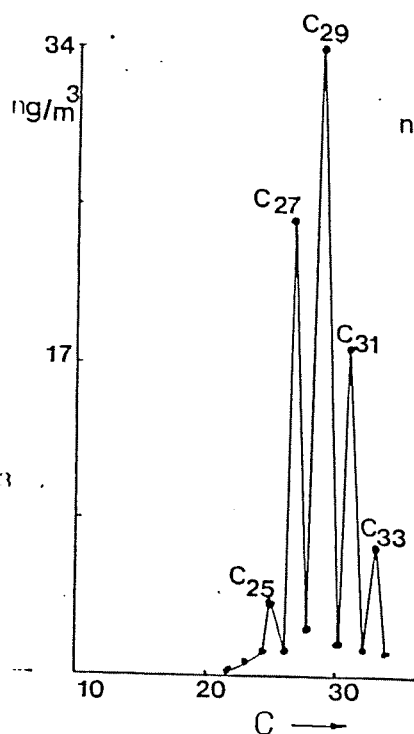
27 Febrero  $105 \text{ ng}/\text{m}^3$   
IPC = 1,5



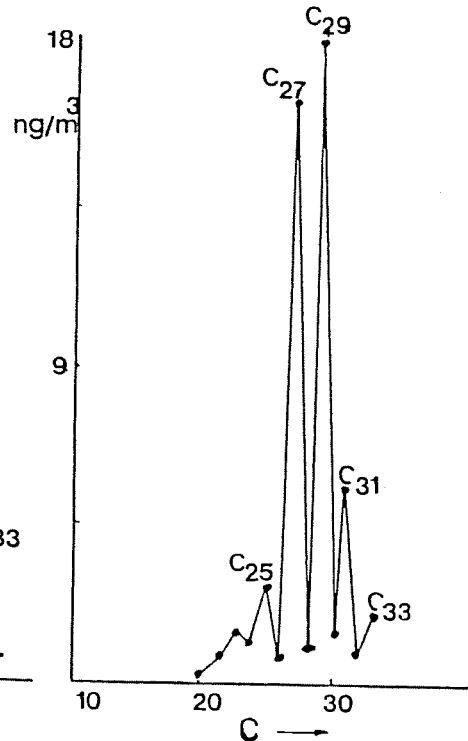
30 Marzo  $146 \text{ ng}/\text{m}^3$   
IPC = 1,1



2 Abril  $24,2 \text{ ng}/\text{m}^3$   
IPC = 2,2



4 Mayo  $100,8 \text{ ng}/\text{m}^3$   
IPC = 6,8



16 Junio  $58 \text{ ng}/\text{m}^3$   
IPC = 5,4

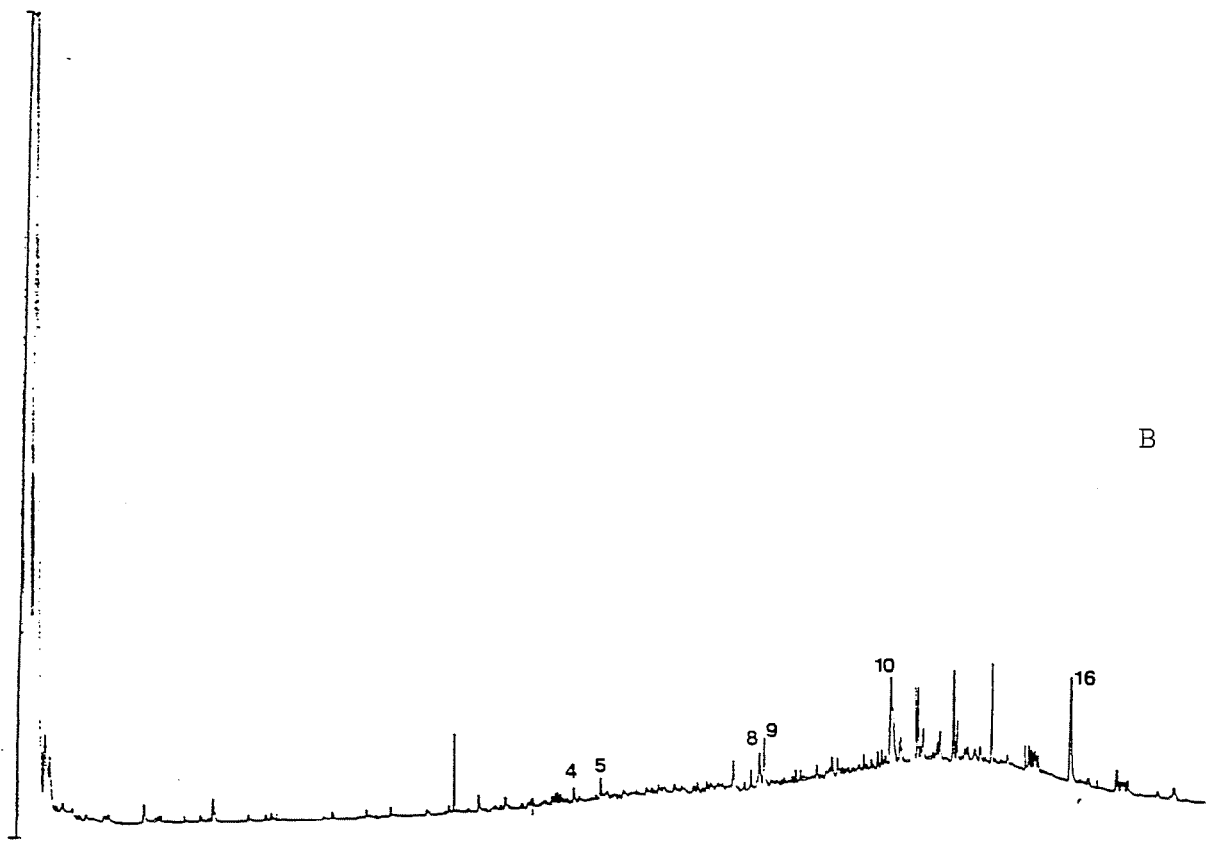
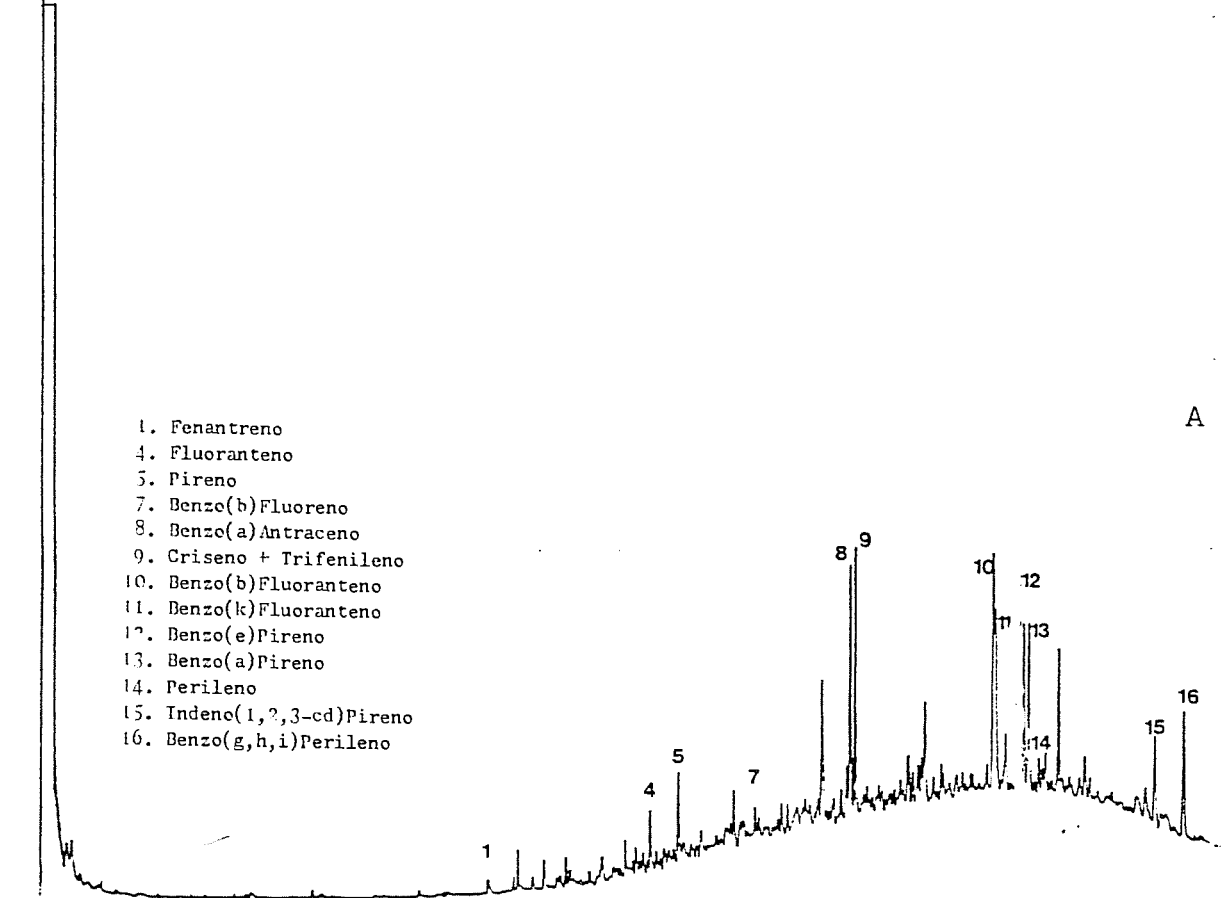


FIGURA 5.- Cromatograma de la FRACCION II en columna capilar de sílice fundida de SE-54.

- A) M-3 (18-1-87)
- B) M-19 (16-6-87)

CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid.

"Análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos e hidrocarburos alifáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma.T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.  
Se han determinado los niveles de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid durante un período de seis meses, de enero a junio de 1987.  
Estos compuestos fueron recogidos con muestreadores de alto volumen en filtros de fibra de vidrio. La extracción se efectuó por dos técnicas diferentes Soxhlet y ultrasonidos.  
La purificación se llevó a cabo en columna de gel de sílice y su análisis fué efectuado por cromatografía de gases de alta eficiencia en columnas capilares de sílice fundida.  
Finalmente se hace la discusión de los resultados en función de las posibles fuentes de emisión.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.

CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid

"Análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos e hidrocarburos alifáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma.T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.  
Se han determinado los niveles de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid durante un período de seis meses, de enero a junio de 1987.  
Estos compuestos fueron recogidos con muestreadores de alto volumen en filtros de fibra de vidrio. La extracción se efectuó por dos técnicas diferentes Soxhlet y ultrasonidos.  
La purificación se llevó a cabo en columna de gel de sílice y su análisis fué efectuado por cromatografía de gases de alta eficiencia en columnas capilares de sílice fundida.  
Finalmente se hace la discusión de los resultados en función de las posibles fuentes de emisión.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.

CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid.

"Análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos e hidrocarburos alifáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma.T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.  
Se han determinado los niveles de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid durante un período de seis meses, de enero a junio de 1987.  
Estos compuestos fueron recogidos con muestreadores de alto volumen en filtros de fibra de vidrio. La extracción se efectuó por dos técnicas diferentes Soxhlet y ultrasonidos.  
La purificación se llevó a cabo en columna de gel de sílice y su análisis fué efectuado por cromatografía de gases de alta eficiencia en columnas capilares de sílice fundida.  
Finalmente se hace la discusión de los resultados en función de las posibles fuentes de emisión.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.

CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid

"Análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos e hidrocarburos alifáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma.T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.  
Se han determinado los niveles de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en aerosoles de la zona urbana de Madrid durante un período de seis meses, de enero a junio de 1987.  
Estos compuestos fueron recogidos con muestreadores de alto volumen en filtros de fibra de vidrio. La extracción se efectuó por dos técnicas diferentes Soxhlet y ultrasonidos.  
La purificación se llevó a cabo en columna de gel de sílice y su análisis fué efectuado por cromatografía de gases de alta eficiencia en columnas capilares de sílice fundida.  
Finalmente se hace la discusión de los resultados en función de las posibles fuentes de emisión.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.



CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid.

"Analysis of aliphatic and aromatic hydrocarbons in particulate matter in Madrid urban area".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.

Levels of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons have been measured in the air particulate matter during six months, from January to June of 1987, in an urban area of Madrid.

The hydrocarbons were collected on glass fiber filters by high volumen sampling. The extraction was carried out by Soxhlet and ultrasonic techniques. The extracts were clean-up on silicagel fractionation and the chromatographic analysis was performed by capillary column gas chromatographic.

Final results are discussed as well as the inmission values related to the possible emission sources.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.

CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid

"Analysis of aliphatic and aromatic hydrocarbons in particulate matter in Madrid urban area".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.

Levels of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons have been measured in the air particulate matter during six months, from January to June of 1987, in an urban area of Madrid.

The hydrocarbons were collected on glass fiber filters by high volumen sampling. The extraction was carried out by Soxhlet and ultrasonic techniques. The extracts were clean-up on silicagel fractionation and the chromatographic analysis was performed by capillary column gas chromatographic.

Final results are discussed as well as the inmission values related to the possible emission sources.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.

CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid.

"Analysis of aliphatic and aromatic hydrocarbons in particulate matter in Madrid urban area".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.

Levels of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons have been measured in the air particulate matter during six months, from January to June of 1987, in an urban area of Madrid.

The hydrocarbons were collected on glass fiber filters by high volumen sampling. The extraction was carried out by Soxhlet and ultrasonic techniques. The extracts were clean-up on silicagel fractionation and the chromatographic analysis was performed by capillary column gas chromatographic.

Final results are discussed as well as the inmission values related to the possible emission sources.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.

CIEMAT-619

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Instituto PRYMA. Madrid.

"Analysis of aliphatic and aromatic hydrocarbons in particulate matter in Madrid urban area".

PEREZ, M.; MENDEZ, J.; BOMBOI, Ma T. (1988) 22 pp. 5 figs. 25 refs.

Levels of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons have been measured in the air particulate matter during six months, from January to June of 1987, in an urban area of Madrid.

The hydrocarbons were collected on glass fiber filters by high volumen sampling. The extraction was carried out by Soxhlet and ultrasonic techniques. The extracts were clean-up on silicagel fractionation and the chromatographic analysis was performed by capillary column gas chromatographic.

Final results are discussed as well as the inmission values related to the possible emission sources.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B11.30. Aromatics. Hydrocarbons. Environment. Gas Chromatography. Air Pollution. Particles. Aerosols. Air Cleaning. Quantitative Chemical Analysis. Spain.

