

6.- CAMPAÑAS INTENSIVAS.

6.1. Muestreo de PM10 y PM2.5.

Se eligieron tres estaciones de muestreo fijas (Barcarrota, Alange y Cabina) que encuadran en un triángulo la zona de estudio (Fig. 1 y Anexo 1). En estas estaciones se efectuó el muestreo con captadores de alto volumen MCV con cabezal de PM10 en la estación de muestreo de Alange, y PM2.5 y PM10 en Barcarrota y PM2.5 en Cabina. Además, en esta ubicación se disponía de un equipo Digitel-DH80 con cabezal de PM10 perteneciente a la cabina de control de la calidad del aire.

La estación de Barcarrota está situada en las coordenadas 6° 55' 22" W 38° 28' 33" N a una altura de 393 m y funciona desde el año 1999 como una estación de fondo regional de la red EMEP (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air pollutants in Europe) (Anexo 1A). Esta estación se encuentra operativa desde el año 1999, y muestrea tanto partículas atmosféricas en suspensión (PM10 y PM2.5), partículas atmosféricas en deposición seca y húmeda, y gases contaminantes (NO_x, SO₂, ozono troposférico y CO).

También se instaló un captador de alto volumen con cabezal de PM10 en una torre de control del Embalse de Alange (Anexo 1B). Esta estación de muestreo es la más septentrional, situándose cercana a Mérida.

Por último, desde Mayo de 2006 se encuentra operativa una estación de Control de la Calidad del Aire en Cabina, donde se mide en continuo PM10, PM2.5 y PM1 mediante un Espectrómetro LASER GRIMM 1107, se obtiene un filtro diario de PM10 mediante un captador secuencial de alto volumen DIGITEL, y se miden niveles de gases contaminantes como NO_x, SO₂ y ozono entre otros.

Además se han realizado muestreos puntuales en focos representativos de emisiones, de los que se destacan:

CAMPAÑA 1: Siderurgia de Jerez de los Caballeros (1D), una empresa de producción de alcohol de Almendralejo (1E y F) y una cantera de áridos de Los Santos de Maimona (Anexo 1G). Se intentó muestrear las emisiones de la Cementera Balboa, entre Burguillos del Cerro y Zafra, pero sin éxito al no impactar el penacho en el suelo (Anexo 1I)

CAMPAÑA 2: Empresa de Áridos y Asfalto del Cruce de Los Santos de Maimona con la antigua carretera nacional de la Ruta de la Plata (Anexo 2A y 2B), y Siderurgia de Jerez de los Caballeros (Anexo 2C),

CAMPAÑA 3: Molino de Aceite, también del cruce de Los Santos de Maimona con la antigua carretera nacional de la Ruta de la Plata (Anexo 3E), impacto de la Alcoholera de Almendralejo más fondo urbano de Almendralejo (Anexo 2F) e impacto de la Cerámica Manuel Mayo de Villafranca de Barros (Anexo 2G).

En todos los casos, los filtros utilizados son de microfibra de cuarzo Schleicher and Schuell QF20, de forma circular y de 15 cm de diámetro.



Figura 6.1: estaciones de muestreo fijas (negro) y medidas de focos puntuales (rojo) seleccionados en la primera campaña de muestreo en la Comarca de Barros (Badajoz).

6.1.1 Análisis de Escenarios Sinópticos y Modelos de Concentración de Partículas.

En el estudio del análisis de escenarios sinópticos y modelos de concentración se ha empleado los mapas de frentes del Servicio Meteorológico Británico (Met-Office de Gran Bretaña, <http://www.metoffice.com/>), datos de dirección y velocidad del viento de las torre meteorológica situada en el Cerro San Jorge, imágenes del modelo DREAM (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>) y NAAPS (<http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>).

También se han realizado el cálculo de retro trayectorias con el modelo HYSPLIT4 (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). Los parámetros empleados en estos cálculos han sido:

- Tipo: isentrópica.
- Latitud: 38,50N
- Longitud: 6,90W
- Duración 120 horas
- Altura: 750, 1500 y 2500 m.
- Hora de alcance: 12:00h

6.1.2 Tratamiento de las Muestras y análisis Químicos.

La preparación y digestión del filtro es la misma que la descrita en Querol et al. (1998) y (2002).

Una porción de 15 x 10 cm² de filtro fue atacada en un container SAVILLEX de 60 ml con una mezcla de ácidos fuertes (5 ml de HF suprapur y 2.5 ml de HNO₃ suprapur) durante 24 a 60°C en estufa. Al día siguiente se evapora en placa calefactora y se añade 2.5 ml de HClO₄, evaporándose a 180 °C hasta obtener una perla. Por último se introdujo 1 ml de HNO₃ suprapur y se lleva a sequedad. La perla se lleva a una solución de 5% de HNO₃, la cual se analizará mediante ICP-OES e ICP-MS.

El equipo ICP-OES utilizado es Ultima2 de Jobin Yvon de los Servicios Centrales de Investigación de la Universidad de Huelva (SCI-UHU). Se emplearon standards multielementales Plasma CAL-LPC Solution 1 200 ppm, Plasma CAL-LPC Solution 2 200 ppm, Plasma CAL-LPC Solution 3 200 ppm, Ti standard 1000 ppm, y S standard 1000 ppm.

El equipo ICP-MS empleado en el análisis de elementos trazas y ultratrazas es HP4500® también de los SCI-UHU. La sintonía del equipo fue realizada mediante una solución de 10 ppb de Li, Y y Tl. La calibración utilizada fue externa con soluciones cóctel de CLARITAS PPT (Spex 1, 2 y 4) de 1, 10, 50 y 100 ppb además de un blanco al 5% de HNO₃.

Con objeto de controlar la calidad de los resultados, se analiza al mismo tiempo en el ICPOES e ICPMS el standard NIST 1633b (ash fly) obteniéndose con una precisión y exactitud entre el 5-10% en la mayoría de los elementos analizados.

También se prepara un lixiviado de cada muestra mediante agua de-ionizada (grado mili-Q) de un cuarto de filtro para la determinación de aniones y cationes solubles, los cuales se analizan mediante un cromatógrafo iónico DIONEX de los SCI-UHU.

Por último el contenido en Carbono Total se ha analizado mediante un equipo LECO SC-144DR (SCI-UHU). La calibración y puesta a punto del equipo se realizó con un Standard LECO® de 1% de C total. Las navetas portamuestras fueron sometidas previamente a un choque térmico de 1200°C con objeto de reducir la presencia de cualquier compuesto de C. La secuencia de análisis consistió en el análisis de 2 blancos, 2 standard 1%, 8 muestras, 2 standard 1%, 8 muestras, etc. La precisión y exactitud de la medida fue contrastada con el análisis repetido del Standard LECO® de 1%, siendo inferior al 2%.

El contenido en carbonato y sílice se determina estequiométricamente a partir de los contenidos de Ca, Mg y Al, en base a ecuaciones experimentales obtenidas previamente ($3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{SiO}_2$; $1.5 \cdot \text{Ca} + 2.5 \cdot \text{Mg} = \text{CO}_3^{2-}$). Finalmente el sulfato marino se determina también estequiométricamente a partir de las relaciones de Na y Cl en agua marina.

6.1.3 Caracterización mineralógica mediante SEM-EDS.

Se seleccionaron un total de tres muestras procedentes de los muestreo de los focos puntuales de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros, empresa Alcoholera de Almendralejo y Cantera de Los Santos de Maimona, con objeto de realizar una caracterización del tamaño, forma y composición de las partículas atmosféricas de manera individual. Para ello se empleó un pequeño fragmento del filtro, el cual fue cubierto con una delgada película de grafito. Con posterioridad las muestras fueron analizadas mediante un microscopio electrónico de barrido

JEOL JSM-5410 de los Servicios Centrales de la Universidad de Huelva. El detector de electrones retrodispersados es Tetra Link de Oxford, de 4 diodos, con una resolución de 0,1 Z (Nº atómico medio) y el sistema de microanálisis por dispersión de energía de Rayos-X es Link Isis de Oxford. Detector A.T.W. Pentafet con una resolución de 138 eV con la KMn (5,9 keV). Las condiciones analíticas fueron de 15 kv para el voltaje de aceleración. Se empleó una resolución teórica en imagen de electrones secundarios de 4 nm, a una distancia de trabajo de 8 mm.

6.2. Escenario Sinóptico y Modelos de Concentración de Partículas.

6.2.1 Campaña 1 (30-5-06 al 3-6-06)

En el Anexo 3 se presentan las imágenes satélite y modelos de partículas correspondientes a esta campaña.

Durante los días de muestreo, se situó un anticiclón de 1030 mb al oeste de las Islas Británicas. Además hay que destacar la localización en el Golfo de Cádiz de un núcleo de bajas presiones relativas de 1010 mb. Bajo este contexto, los vientos dominantes en la zona de estudio evolucionaron de componente oeste (días 31 de Mayo a 1 de Junio) a vientos de dirección y velocidad variable de componente W y NW (Fig. 2).

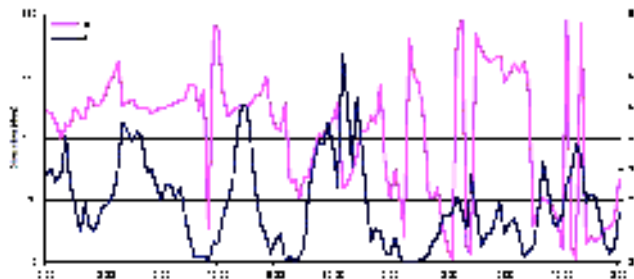


Figura 6.2: diagrama de dirección y velocidad del viento obtenido en la torre meteorológica del Cerro San Jorge entre el 30 de mayo al 3 de junio de 2006

En las figuras 4 y 5 se muestran las imágenes obtenidas con los modelos DREAM.

y NAAPS durante los días de muestreo, observándose como durante los días 30 y 31 de agosto se produce la invasión del SW de la Península Ibérica por una masa de aire procedente del Norte de África con importante carga de material particulado atmosférico. Esta observación también se ha corroborado con el cálculo de retrotrayectorias con el modelo HYSPLIT4, las cuales muestran un origen Norte Africano para los días 30 y 31 de Mayo, y claramente Atlántico Norte para el día 3 de Junio. Entre los días 1 y 2 de Junio las retrotrayectorias son transicionales.

6.2.2 Campaña 2 (7-8-06 al 11-8-06)

En el Anexo 4 se presentan las imágenes satélite y modelos de partículas correspondientes a esta campaña.

Durante los días de muestreo, se situó un potente anticiclón de 1030 mb al oeste de las Islas Británicas, extendiéndose hasta las Islas Azores. Conforme avanza la campaña, el anticiclón se centra fundamentalmente al oeste de las Islas Británicas, formándose un pequeño núcleo de bajas presiones de 1007-1011 mbar en el Golfo de Cádiz. El anticiclón situado al oeste de las Islas Británicas producirá vientos de componente norte, haciendo que las masas de aire cargadas de hollín y procedentes de los incendios de Galicia, originados desde las primeras semanas de agosto, avancen paralelos a la costa de Portugal y alcancen Andalucía Occidental y Sur de Extremadura el día 12 de agosto. Según esta situación, los vientos dominantes en la zona de estudio evolucionaron de componente W-NW a N-E (Fig. 3).

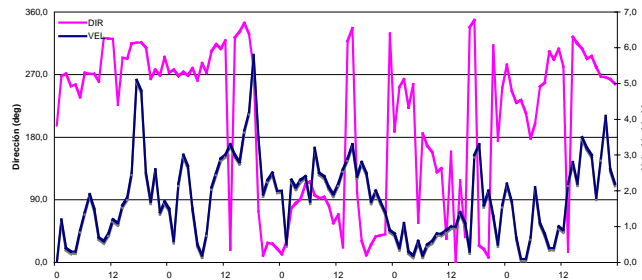


Figura 6.3: diagrama de dirección y velocidad del viento obtenido en la torre meteorológica del Cerro San Jorge.

En el Anexo 4 también se adjunta los modelos de NAAPS sobre la concentración de polvo, sulfatos y hollín (smoke) sobre Europa, observándose altas concentraciones de hollín en el Oeste de la Península Ibérica, alcanzando Andalucía Occidental, sobre todo durante el día 12 de Agosto (sábado). El origen de este hollín en el aire se encuentra en los incendios generados durante la primera semana de Agosto en la region de Galicia. El modelo DREAM muestra la influencia de polvo en suspensión de origen norteafricano durante los días 7 y 8 de agosto. El origen norteafricano se confirma con las retrotrayectorias obtenidas para ambos días (Anexo 4). En los días 9, 10 y 11, las retrotrayectorias poseen un origen claramente Norte a Noroeste.

Aunque la campaña finalizó el día 11 de agosto, hay que resaltar como en la provincia de Huelva se produjeron máximos sincrónicos históricos de ozono troposférico en la Red de Vigilancia de Calidad de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, indicando un origen derivado de los fuegos ocurridos desde la primera semana de agosto de 2006 en Galicia. Estos máximos puntuales se vieron acompañados con importante carga en PM10 tanto en las estaciones de fondo urbano (Campus Universitario) y fondo rural (Doñana). También se registran al mismo tiempo una duplicación en los niveles de CO y niveles muy bajo de óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, descartándose cualquier relación

directa de actividad industrial. El impacto produjo concentraciones de hasta $300 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en una hora en las estaciones de Huelva capital. También se produjeron superaciones históricas en la red de calidad del aire del Ministerio de Medio Ambiente de Portugal.

Desde mediados de los años setenta, son clásicos los estudios que relacionan los incrementos de niveles de ozono con los fuegos de vegetación ya que éstos emiten los mismos precursores fotoquímicos que el tráfico y la industria. La generación de ozono en plumas de emisión derivadas de fuegos de vegetación poseen el mismo comportamiento físico-químico que el *smog* en las ciudades, ya que la quema de la vegetación produce óxido de nitrógeno y precursores orgánicos de ozono, los cuales, bajo la acción de la luz solar origina ozono como producto secundario. Estas masas de aire pueden ser transportadas hacia zonas sin altas concentraciones de óxidos de nitrógenos, donde se pudiera destruir el ozono troposférico. En la semana del 6 al 12 de agosto de 2006 se ha contabilizado 354 horas de excedencia del límite de información al público ($189 \mu\text{gO}_3/\text{m}^3$) en Portugal, y más concretamente, durante el día 11 se contabilizó 101 horas de excedencia (ver <http://www.qualar.org/?page=2>).

6.2.3 Campaña 3 (27-11-06 al 1-12-06)

En el Anexo 5 se presentan las imágenes satélite y modelos de partículas correspondientes a esta campaña.

Los vientos dominantes registrados en el Cerro San Jorge evolucionaron de componente sur (día 27 de noviembre) a vientos de dirección NW el 28 de agosto, y cambiar desde NE a S entre los días 29 de noviembre y 1 de diciembre (Fig. 4).

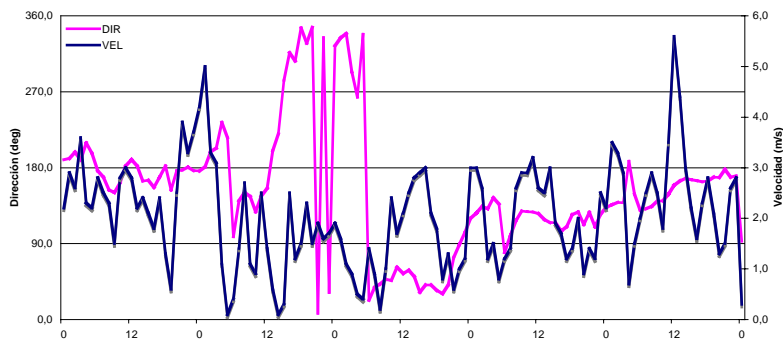


Figura 6.4: diagrama de dirección y velocidad del viento obtenido en la torre meteorológica del Cerro San Jorge durante la realización de la tercera campaña de muestreo.

Durante el día 27 de noviembre de 2006 se localiza un núcleo de alta presión de 1025 mbar en el centro de la Península Ibérica, aunque durante el día 28 de noviembre se produce la entrada rápida de un frente frío a través de Portugal, originando intensas precipitaciones en Extremadura. Este frente está asociado a una potente borrasca localizada al NW de las Islas Británicas. Desde el 29 al 30 de noviembre se instala un anticiclón de 1034-1031 mbar en el norte-centro de la Península Ibérica.

Las imágenes MODIS muestran una importante nubosidad durante el día 28 de noviembre. No se distingue la presencia de origen polvo norteafricano en los modelos NAAPS y MODIS.

Las retro trayectorias de los días 27 al 29 son claramente de origen atlántico noroeste, mientras que la retro trayectoria del día 1 de diciembre es regional. Durante el día 30 de noviembre, la masa de aire posee un origen transicional entre atlántico oeste y regional.

6.3. Resultados en Emplazamientos Fijos.

6.3.1 Barcarrota.

En la tabla 6.1 se muestra la composición media, máximo y mínimo de PM₁₀ obtenida en las campañas 1 (30 de mayo al 3 de junio de 2006) y 3 (27 de noviembre al 1 de diciembre de 2006) y composición media, máximo y mínimo de PM_{2.5} y obtenida en la campaña 2 (7 al 11 de agosto de 2006).

La concentración media de PM₁₀ ha sido el doble en la primera campaña en comparación con la tercera (33.2 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ y 14.5 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ respectivamente)

En la primera campaña hay resaltar la presencia de altos valores en los días 30 y 31 (47.7 y 37.48 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$) respectivamente, descendiendo hasta valores inferiores en los días 1 y 2 de Junio (26.1 y 21.4 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, respectivamente). Tal como se ha descrito anteriormente, durante los días 30 y 31 de Mayo, la zona de estudio estuvo influenciada por una masa de aire procedente del Norte de África y Mediterráneo con importante carga de partículas atmosféricas en suspensión.

El valor medio de PM_{2.5} registrado en la campaña 2 ha sido 21.8 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$.

Las concentraciones de C total y metales son altas en las campañas 1 y 2 en comparación con la tercera (ver tabla 6.1).

Las concentraciones de Pb, Ni, As y Cd en PM₁₀ y PM_{2.5} (7.3 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, 3.33 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y 3.38 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Pb; 1.76 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, 0.27 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y 1.49 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Ni; 0.97 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, 0.30 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y 0.41 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para As; 0.02 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, <0.01 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y 0.07 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Cd son bajas), siendo muy inferiores al valor límite descrito en las directiva 1999/30/CE para Pb en PM₁₀ (500 ngPb/m³, 1999/30/CE) y a los valores **guía** propuestos en la directiva 2003/164/CE para Ni, As y Cd en PM₁₀ (20 ngNi/m³, 6 ngAs/m³ y 5 ngCd/m³).

6.3.2 Alange.

En la tabla 6.2 se encuentran resumidos los niveles de PM10 y concentración de Ctotal y metales obtenidos en la estación de muestreo del embalse de Alange, los cuales son muy parecidos a los descritos en Barcarrota para los mismos días.

La concentración media de PM10 obtenida ha sido de 29.1 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, variando desde la campaña 1 (31.2 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$), campaña 2 (39.2 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$), y campaña 3 (17.1 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$).

Las concentraciones medias en elementos y aniones mayoritarios máximas tuvieron lugar en la campaña de verano (segunda campaña), seguido de la campaña de primavera (primera campaña). Las concentraciones más bajas tuvieron lugar en otoño (tercera campaña (ver tabla 6.2).

Las concentraciones de Pb, Ni, As y Cd en PM10 (5.0 $\mu\text{gPb}/\text{m}^3$, 4.72 $\mu\text{gPb}/\text{m}^3$ y 1.2 $\mu\text{gPb}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Pb; 0.64 $\mu\text{gNi}/\text{m}^3$, 1.77 $\mu\text{gNi}/\text{m}^3$ y 1.05 $\mu\text{gNi}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Ni; 0.78 $\mu\text{gAs}/\text{m}^3$, 1.46 $\mu\text{gAs}/\text{m}^3$ y 0.58 $\mu\text{gAs}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para As; <0.01 $\mu\text{gCd}/\text{m}^3$, 0.06 $\mu\text{gCd}/\text{m}^3$ y 0.04 $\mu\text{gCd}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Cd son bajas), siendo muy inferiores al valor límite descrito en la directiva 1999/30/CE para Pb en PM10 (500 ngPb/m^3 , 1999/30/CE) y a los valores **guía** propuestos en la directiva 2003/164/CE para Ni, As y Cd en PM10 (20 ngNi/m^3 , 6 ngAs/m^3 y 5 ngCd/m^3).

Tabla 6.1: análisis químico de filtros de PM10 y PM2.5 muestreados en Barcarrota.

BARCARROTA CAMP. 1 Y 3	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	BARCARROTA CAMPAÑA 1	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	BARCARROTA CAMPAÑA 2	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	BARCARROTA CAMPAÑA 3	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO
Conc. en µg/m ³	23,85	47,73	9,56	Conc. en µg/m ³	33,18	47,73	21,42	Conc. en µg/m ³	21,75	27,21	17,36	Conc. en µg/m ³	14,52	19,58	9,56
PARTÍCULA	PM10	PM10	PM10	PARTÍCULA	PM10	PM10	PM10	PARTÍCULA	PM2.5	PM2.5	PM2.5	PARTÍCULA	PM10	PM10	PM10
Captador	MCV	MCV	MCV	Captador	MCV	MCV	MCV	Captador	MCV	MCV	MCV	Captador	MCV	MCV	MCV
µg/m ³				µg/m ³				µg/m ³				µg/m ³			
Ctotal	4,10	7,53	0,95	Ctotal	6,24	7,53	5,00	Ctotal	5,07	7,84	2,70	Ctotal	1,97	2,66	0,95
C org	3,77	6,86	0,85	C org	5,74	6,86	4,70	C org	4,96	7,65	2,63	C org	1,81	2,51	0,85
Cnm	4,53	8,23	1,02	Cnm	6,89	8,23	5,64	Cnm	5,96	9,18	3,16	Cnm	2,17	3,01	1,02
CO3=	1,64	3,36	0,36	CO3=	2,50	3,36	1,46	CO3=	0,54	0,92	0,36	CO3=	0,79	1,48	0,36
SiO2	4,82	12,51	0,35	SiO2	8,42	12,51	4,72	SiO2	1,17	1,42	0,98	SiO2	1,21	3,22	0,35
Al2O3	1,61	4,17	0,12	Al2O3	2,81	4,17	1,57	Al2O3	0,39	0,47	0,33	Al2O3	0,40	1,07	0,12
Ca	0,63	1,27	0,11	Ca	0,96	1,27	0,54	Ca	0,20	0,26	0,14	Ca	0,30	0,64	0,11
K	0,33	0,54	0,11	K	0,43	0,54	0,25	K	0,20	0,25	0,13	K	0,22	0,36	0,11
Na	0,65	1,13	0,28	Na	0,80	1,13	0,29	Na	0,24	0,41	0,15	Na	0,50	0,92	0,28
Mg	0,28	0,58	0,08	Mg	0,42	0,58	0,26	Mg	0,10	0,21	0,06	Mg	0,14	0,21	0,08
Fe	0,47	1,16	0,05	Fe	0,79	1,16	0,49	Fe	0,15	0,19	0,10	Fe	0,15	0,32	0,05
PO43-	0,09	0,13	0,03	PO43-	0,12	0,13	0,11	PO43-	0,03	0,06	<0,01	PO43-	0,05	0,08	0,03
SO42-	3,79	9,03	1,55	SO42-	5,71	9,03	2,04	SO42-	3,95	6,06	0,06	SO42-	1,88	2,18	1,55
F	0,00	0,00	0,00	F	0,00	0,00	0,00	F	0,00	0,00	0,00	F	0,00	0,00	0,00
SO42-antrop	3,63	8,76	1,32	SO42-antrop	5,51	8,76	1,97	SO42-antrop	3,89	5,95	0,00	SO42-antrop	1,75	2,11	1,32
SO42-marino	0,16	0,28	0,07	SO42-marino	0,20	0,28	0,07	SO42-marino	0,06	0,10	0,04	SO42-marino	0,12	0,23	0,07
NO3-	2,08	4,29	0,78	NO3-	1,87	2,86	0,78	NO3-	0,15	0,23	0,04	NO3-	2,29	4,29	1,14
Cl	0,24	0,53	0,03	Cl	0,27	0,48	0,05	Cl	0,05	0,09	0,02	Cl	0,22	0,53	0,03
NH4+				NH4+				NH4+				NH4+			
PO43- *10	86,44	132,24	25,95	PO43- *10	120,42	132,24	107,77	PO43- *10	33,29	55,45	0,00	PO43- *10	52,45	76,68	25,95
Total	21,14	45,40	6,53	Total	31,99	45,40	18,25	Total	13,13	19,05	8,89	Total	10,30	14,91	6,53
PM	23,85	47,73	9,56	PM	33,18	47,73	21,42	PM	21,75	27,21	17,36	PM	14,52	19,58	9,56
%	82,63	102,84	63,30	%	95,47	102,84	85,20	%	59,11	70,02	47,00	%	69,78	76,14	63,30
No determin	2,70	5,12	-1,06	No determin	1,19	3,17	-1,06	No determin	8,62	10,02	7,45	No determin	4,22	5,12	3,04
Antropogénic	10,24	19,86	3,74	Antropogénic	14,27	19,86	8,40	Antropogénic	9,99	15,37	5,69	Antropogénic	6,21	9,31	3,74
Crustal	9,49	23,02	1,10	Crustal	15,91	23,02	9,04	Crustal	2,65	2,84	2,18	Crustal	3,06	7,09	1,10
Marino	1,33	2,41	0,60	Marino	1,69	2,41	0,67	Marino	0,45	0,82	0,29	Marino	0,98	1,82	0,60
Secundario	5,71	11,62	2,71	Secundario	7,38	11,62	2,75	Secundario	4,04	6,19	0,05	Secundario			
C no mineral	4,53	8,23	1,02	C no mineral	6,89	8,23	5,64	C no mineral	5,96	9,18	3,16	C no mineral	2,17	3,01	1,02
ng/m ³				ng/m ³				ng/m ³				ng/m ³			
Li	0,56	1,52	<0,01	Li	0,99	1,52	0,49	Li	0,05	0,07	0,01	Li	0,13	0,36	0,00
Be	<0,01	0,01	<0,01	Be	<0,01	<0,01	<0,01	Be	<0,01	<0,01	<0,01	Be	<0,01	0,01	<0,01
Sc	0,05	0,21	<0,01	Sc	0,09	0,21	<0,01	Sc	<0,01	<0,01	<0,01	Sc	0,01	0,05	<0,01
Ti	44,70	120,06	2,82	Ti	78,54	120,06	45,90	Ti	12,59	15,30	8,67	Ti	10,86	29,17	2,82
V	4,59	11,41	1,19	V	6,60	11,41	2,36	V	5,58	9,02	3,40	V	2,57	3,18	1,19
Cr	1,32	3,85	0,25	Cr	2,16	3,85	1,38	Cr	0,56	1,48	0,11	Cr	0,47	0,82	0,25
Mn	6,65	16,11	<0,01	Mn	12,94	16,11	8,34	Mn	3,21	4,17	1,73	Mn	0,35	1,39	<0,01
Co	0,22	0,50	<0,01	Co	0,35	0,50	0,21	Co	0,19	0,52	0,06	Co	0,10	0,19	<0,01

BARCARROTA CAMP. 1 Y 3	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	BARCARROTA CAMPAÑA 1	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	BARCARROTA CAMPAÑA 2	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	BARCARROTA CAMPAÑA 3	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO
Conc. en µg/m ³	23,85	47,73	9,56	Conc. en µg/m ³	33,18	47,73	21,42	Conc. en µg/m ³	21,75	27,21	17,36	Conc. en µg/m ³	14,52	19,58	9,56
PARTÍCULA	PM10	PM10	PM10	PARTÍCULA	PM10	PM10	PM10	PARTÍCULA	PM2.5	PM2.5	PM2.5	PARTÍCULA	PM10	PM10	PM10
Captador	MCV	MCV	MCV	Captador	MCV	MCV	MCV	Captador	MCV	MCV	MCV	Captador	MCV	MCV	MCV
Ni	1,63	2,62	0,66	Ni	1,76	2,59	1,21	Ni	0,27	1,06	<0,01	Ni	1,49	2,62	0,66
Cu	22,80	33,45	9,38	Cu	21,17	33,45	9,38	Cu	27,09	43,85	14,46	Cu	24,44	32,08	17,95
Zn	22,44	36,84	14,98	Zn	24,93	36,84	14,98	Zn	23,28	35,02	11,81	Zn	19,96	22,29	16,87
Ga	0,40	0,83	0,03	Ga	0,69	0,83	0,54	Ga	0,13	0,20	0,09	Ga	0,12	0,28	0,03
Ge	0,02	0,13	<0,01	Ge	0,03	0,13	0,00	Ge	<0,01	<0,01	<0,01	Ge	<0,01	<0,01	<0,01
As	0,69	2,23	0,20	As	0,97	2,23	0,41	As	0,30	0,38	0,23	As	0,41	0,66	0,20
Se	0,19	0,42	<0,01	Se	0,17	0,42	<0,01	Se	0,20	0,47	0,10	Se	0,21	0,29	0,09
Rb	1,16	2,47	0,14	Rb	1,87	2,47	1,34	Rb	0,87	1,27	0,59	Rb	0,44	0,92	0,14
Sr	4,14	10,47	0,34	Sr	7,06	10,47	2,61	Sr	0,96	1,27	0,79	Sr	1,22	2,60	0,34
Y	0,27	0,93	0,02	Y	0,47	0,93	0,24	Y	0,02	0,05	0,01	Y	0,06	0,16	0,02
Zr	0,28	2,24	<0,01	Zr	0,56	2,24	<0,01	Zr	0,23	0,93	<0,01	Zr	<0,01	<0,01	<0,01
Nb	0,09	0,31	<0,01	Nb	0,16	0,31	0,01	Nb	<0,01	<0,01	<0,01	Nb	0,02	0,07	<0,01
Mo	0,70	5,59	<0,01	Mo	1,40	5,59	<0,01	Mo	0,54	2,15	<0,01	Mo	<0,01	<0,01	<0,01
Cd	0,04	0,12	<0,01	Cd	0,02	0,07	<0,01	Cd	0,00	<0,01	<0,01	Cd	0,07	0,12	<0,01
Sn	0,39	0,64	0,10	Sn				Sn	0,66	0,77	0,52	Sn	0,39	0,64	0,10
Sb	0,27	0,53	0,05	Sb				Sb	0,13	0,18	0,08	Sb	0,27	0,53	0,05
Cs	0,01	0,06	<0,01	Cs	<0,01	<0,01	<0,01	Cs	0,00	<0,01	<0,01	Cs	0,03	0,06	<0,01
Ba	4,00	9,12	0,03	Ba	7,13	9,12	5,62	Ba	4,29	6,92	3,19	Ba	0,88	2,88	0,03
La	0,47	1,20	0,03	La	0,79	1,20	0,43	La	0,17	0,21	0,13	La	0,15	0,35	0,03
Ce	0,84	2,19	0,03	Ce	1,46	2,19	0,78	Ce	0,24	0,26	0,22	Ce	0,22	0,69	0,03
Pr	0,02	0,08	<0,01	Pr	0,02	0,07	<0,01	Pr	<0,01	<0,01	<0,01	Pr	0,03	0,08	<0,01
Nd	0,36	0,93	0,04	Nd	0,61	0,93	0,32	Nd	0,09	0,11	0,07	Nd	0,11	0,27	0,04
Sm	0,04	0,13	<0,01	Sm	0,08	0,13	0,04	Sm	0,01	0,01	<0,01	Sm	0,01	0,04	<0,01
Eu	<0,01	0,01	<0,01	Eu	0,00	<0,01	<0,01	Eu	<0,01	<0,01	<0,01	Eu	<0,01	0,01	<0,01
Gd	0,06	0,18	<0,01	Gd	0,11	0,18	0,06	Gd	<0,01	<0,01	<0,01	Gd	0,01	0,04	<0,01
Tb	<0,01	0,01	<0,01	Tb	0,00	0,00	0,00	Tb	<0,01	<0,01	<0,01	Tb	<0,01	0,01	<0,01
Dy	0,05	0,17	<0,01	Dy	0,09	0,17	0,05	Dy	<0,01	0,01	<0,01	Dy	0,01	0,03	<0,01
Ho	<0,01	0,01	<0,01	Ho	<0,01	<0,01	<0,01	Ho	<0,01	<0,01	<0,01	Ho	<0,01	0,01	<0,01
Er	<0,01	0,02	<0,01	Er	<0,01	<0,01	<0,01	Er	<0,01	<0,01	<0,01	Er	0,01	0,02	<0,01
Tm	<0,01	<0,01	<0,01	Tm	<0,01	<0,01	<0,01	Tm	<0,01	<0,01	<0,01	Tm	<0,01	<0,01	<0,01
Yb	<0,01	0,01	<0,01	Yb	<0,01	<0,01	<0,01	Yb	<0,01	<0,01	<0,01	Yb	<0,01	0,01	<0,01
Lu	<0,01	<0,01	<0,01	Lu	<0,01	<0,01	<0,01	Lu	<0,01	<0,01	<0,01	Lu	<0,01	<0,01	<0,01
Hf	<0,01	<0,01	<0,01	Hf				Hf	0,01	0,03	<0,01	Hf	<0,01	<0,01	<0,01
Ta	<0,01	<0,01	<0,01	Ta	<0,01	<0,01	<0,01	Ta	<0,01	0,00	<0,01	Ta	<0,01	<0,01	<0,01
W	<0,01	0,01	<0,01	W	<0,01	<0,01	<0,01	W	0,09	0,34	<0,01	W	<0,01	0,01	<0,01
Tl	0,05	0,25	<0,01	Tl	<0,01	<0,01	<0,01	Tl	<0,01	<0,01	<0,01	Tl	0,09	0,25	<0,01
Pb	5,65	11,19	<0,01	Pb	7,93	11,19	2,32	Pb	3,33	5,18	2,11	Pb	3,38	4,99	<0,01
Bi	0,02	0,09	<0,01	Bi	<0,01	<0,01	<0,01	Bi	<0,01	<0,01	<0,01	Bi	0,03	0,09	<0,01
Th	0,12	0,37	<0,01	Th	0,24	0,37	0,12	Th	<0,01	<0,01	<0,01	Th	0,01	0,05	<0,01
U	0,06	0,27	<0,01	U	0,12	0,27	0,05	U	<0,01	0,01	<0,01	U	<0,01	0,01	<0,01

Tabla 6.2: análisis químico de filtros de PM10 y PM2.5 muestreados en Alange.

ALANGE CMP 1, 2 Y 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	ALANGE CAMPAÑA 1 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	ALANGE CAMPAÑA 2 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	ALANGE CAMPAÑA 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO
	PM10	PM10	PM10		PM10	PM10	PM10		PM10	PM10	PM10		PM10	PM10	PM10
	MCV	MCV	MCV		MCV	MCV	MCV		MCV	MCV	MCV		MCV	MCV	MCV
µg/m ³				µg/m ³				µg/m ³				µg/m ³			
Ctotal	4.68	13.76	1.01	Ctotal	3.99	5.95	1.45	Ctotal	7.44	13.76	4.55	Ctotal	2.62	5.01	1.01
C org	4.36	13.24	0.92	C org	3.56	5.46	1.18	C org	6.98	13.24	4.03	C org	2.53	4.86	0.92
Cnm	5.23	15.89	1.11	Cnm	4.27	6.56	1.41	Cnm	8.37	15.89	4.84	Cnm	3.03	5.83	1.11
CO3=	1.62	3.32	0.14	CO3=	2.12	3.32	1.38	CO3=	2.28	2.62	1.89	CO3=	0.44	0.79	0.14
SiO2	5.05	11.96	0.18	SiO2	6.92	11.96	2.83	SiO2	7.92	9.83	5.73	SiO2	1.04	2.75	0.18
Al2O3	1.68	3.99	0.06	Al2O3	2.31	3.99	0.94	Al2O3	2.64	3.28	1.91	Al2O3	0.35	0.92	0.06
Ca	0.68	1.34	0.05	Ca	0.87	1.34	0.58	Ca	1.01	1.19	0.81	Ca	0.16	0.32	0.05
K	0.38	0.66	0.08	K	0.37	0.52	0.25	K	0.57	0.66	0.45	K	0.19	0.38	0.08
Na	0.55	1.01	0.18	Na	0.68	0.87	0.37	Na	0.60	1.01	0.34	Na	0.38	0.61	0.18
Mg	0.24	0.52	0.03	Mg	0.33	0.52	0.20	Mg	0.31	0.35	0.27	Mg	0.08	0.12	0.03
Fe	0.53	1.12	0.05	Fe	0.65	1.12	0.27	Fe	0.82	1.05	0.58	Fe	0.13	0.27	0.05
PO43-	0.12	0.21	0.02	PO43-	0.13	0.17	0.09	PO43-	0.18	0.21	0.16	PO43-	0.05	0.08	0.02
SO42-	3.66	9.63	<0.01	SO42-	5.25	9.63	1.76	SO42-	3.47	5.96	0.00	SO42-	2.27	3.87	1.48
F	0.00	0.00	<0.01	F	0.00	0.00	0.00	F	0.00	0.00	0.00	F	0.00	0.00	0.00
SO42-antr	3.53	9.41	<0.01	SO42-antr	5.08	9.41	1.67	SO42-antr	3.34	5.71	0.00	SO42-antr	2.18	3.83	1.36
SO42-marino	0.14	0.25	0.05	SO42-marino	0.17	0.22	0.09	SO42-marino	0.15	0.25	0.09	SO42-marino	0.10	0.15	0.05
NO3-	2.46	7.24	<0.01	NO3-	2.13	3.45	1.16	NO3-	1.17	2.53	0.00	NO3-	4.10	7.24	1.08
Cl	0.17	0.38	<0.01	Cl	0.26	0.33	0.06	Cl	0.05	0.13	0.00	Cl	0.20	0.38	0.03
NH4+				NH4+				NH4+				NH4+			
PO43- *10	120.81	208.73	23.81	PO43- *10	130.86	169.89	89.58	PO43- *10	180.58	208.73	163.08	PO43- *10	50.99	80.93	23.81
Total	21.83	41.02	5.70	Total	26.30	41.02	14.02	Total	26.74	38.68	9.81	Total	12.44	22.93	5.70
PM	29.14	50.09	9.32	PM	31.17	48.39	19.75	PM	39.18	50.09	30.54	PM	17.07	28.89	9.32
%	72.76	89.68	32.11	%	83.22	89.68	69.71	%	65.79	77.36	32.11	%	69.29	79.36	61.22
No determ	7.31	20.73	2.23	No determ	4.86	7.37	2.23	No determ	12.43	20.73	8.29	No determ	4.63	5.96	3.61
Antropogénic	11.23	24.12	3.55	Antropogénic	11.49	16.73	4.24	Antropogénic	12.88	24.12	5.01	Antropogénic	9.31	16.89	3.55
Crustal	9.39	22.24	0.55	Crustal	13.25	22.24	6.26	Crustal	12.61	18.59	4.02	Crustal	2.32	5.42	0.55
Marino	1.10	1.94	0.39	Marino	1.44	1.94	0.71	Marino	1.10	1.74	0.70	Marino	0.76	1.26	0.39
Secundario	6.00	12.86	0.00	Secundario	7.21	12.86	2.83	Secundario	4.50	8.24	0.00	Secundario	6.28	11.07	2.44
C no mineral	5.23	15.89	1.11	C no mineral	4.27	6.56	1.41	C no mineral	8.37	15.89	4.84	C no mineral	3.03	5.83	1.11
ng/m ³				ng/m ³				ng/m ³				ng/m ³			
Li	0.74	1.52	0.01	Li	0.84	1.46	0.30	Li	1.26	1.52	0.75	Li	0.12	0.32	0.01
Be	0.01	0.06	<0.01	Be	<0.01	<0.01	<0.01	Be	0.03	0.06	<0.01	Be	<0.01	0.01	<0.01
Sc	0.08	0.31	<0.01	Sc	0.05	0.17	0.00	Sc	0.18	0.31	0.03	Sc	<0.01	0.02	<0.01
Ti	48.65	108.06	<0.01	Ti	60.45	108.06	25.03	Ti	76.62	101.39	53.17	Ti	8.88	23.61	<0.01
V	4.83	10.27	1.23	V	5.59	10.27	2.00	V	6.09	7.42	3.93	V	2.79	6.64	1.23
Cr	1.41	3.43	0.01	Cr	2.35	3.43	1.18	Cr	1.57	2.01	1.15	Cr	0.31	0.78	0.01
Mn	10.73	32.59	<0.01	Mn	9.44	16.13	2.78	Mn	22.41	32.59	16.71	Mn	0.35	1.39	<0.01
Co	0.21	0.48	<0.01	Co	0.24	0.45	0.05	Co	0.41	0.48	0.27	Co	<0.01	<0.01	<0.01

ALANGE CMP 1, 2 Y 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	ALANGE CAMPANA 1 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	ALANGE CAMPANA 2 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	ALANGE CAMPANA 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO
Ni	1.15	3.10	<0.01	Ni	0.64	1.27	0.00	Ni	1.77	3.10	0.28	Ni	1.05	2.41	0.18
Cu	5.55	16.97	1.66	Cu	3.54	5.04	2.44	Cu	9.56	16.97	2.83	Cu	3.54	5.46	1.66
Zn	27.29	61.40	12.22	Zn	16.89	21.56	12.22	Zn	39.68	61.40	22.78	Zn	25.30	42.94	15.19
Ga	0.35	0.83	0.05	Ga	0.50	0.79	0.28	Ga	0.42	0.83	0.13	Ga	0.12	0.26	0.05
Ge	0.01	0.17	0.00	Ge	0.00	0.00	0.00	Ge	0.04	0.17	<0.01	Ge	0.00	0.00	<0.01
As	0.94	2.21	0.22	As	0.78	1.69	0.36	As	1.46	2.21	1.01	As	0.58	0.86	0.22
Se	0.24	0.49	<0.01	Se	0.17	0.41	<0.01	Se	0.29	0.49	0.22	Se	0.26	0.45	0.08
Rb	1.60	3.21	0.08	Rb	1.54	2.40	0.64	Rb	2.89	3.21	2.35	Rb	0.36	0.84	0.08
Sr	3.53	9.63	0.11	Sr	5.39	9.63	2.59	Sr	4.31	5.30	3.39	Sr	0.88	2.02	0.11
Y	0.35	0.93	<0.01	Y	0.58	0.93	0.26	Y	0.41	0.49	0.31	Y	0.04	0.14	<0.01
Zr	0.92	3.45	<0.01	Zr	1.55	3.45	<0.01	Zr	1.22	2.49	0.12	Zr	<0.01	<0.01	<0.01
Nb	0.11	0.31	<0.01	Nb	0.11	0.30	<0.01	Nb	0.20	0.31	0.10	Nb	0.02	0.07	<0.01
Mo	2.12	9.31	<0.01	Mo	6.37	9.31	<0.01	Mo	<0.01	0.00	<0.01	Mo	<0.01	<0.01	<0.01
Cd	0.03	0.14	<0.01	Cd	<0.01	<0.01	<0.01	Cd	0.06	0.14	<0.01	Cd	0.04	0.08	<0.01
Sn	0.76	1.66	0.28	Sn				Sn	1.03	1.66	0.60	Sn	0.49	0.67	0.28
Sb	0.52	0.89	0.13	Sb				Sb	0.52	0.69	0.33	Sb	0.51	0.89	0.13
Cs	0.04	0.21	<0.01	Cs	<0.01	<0.01	<0.01	Cs	0.10	0.21	<0.01	Cs	0.01	0.04	<0.01
Ba	5.28	24.22	<0.01	Ba	4.58	5.86	3.42	Ba	9.55	24.22	<0.01	Ba	1.71	3.75	<0.01
La	0.60	1.21	<0.01	La	0.68	1.21	0.26	La	0.91	1.14	0.71	La	0.21	0.71	<0.01
Ce	0.96	2.10	<0.01	Ce	1.15	2.10	0.35	Ce	1.54	1.86	1.20	Ce	0.20	0.62	<0.01
Pr	0.05	0.26	<0.01	Pr	0.01	0.03	<0.01	Pr	0.12	0.26	<0.01	Pr	0.02	0.07	<0.01
Nd	0.40	0.88	<0.01	Nd	0.50	0.88	0.18	Nd	0.63	0.78	0.46	Nd	0.08	0.23	<0.01
Sm	0.06	0.14	<0.01	Sm	0.06	0.12	<0.01	Sm	0.10	0.14	0.06	Sm	0.01	0.03	<0.01
Eu	<0.01	0.02	<0.01	Eu	<0.01	<0.01	<0.01	Eu	0.01	0.02	<0.01	Eu	<0.01	<0.01	<0.01
Gd	0.07	0.17	<0.01	Gd	0.11	0.17	0.06	Gd	0.08	0.11	0.05	Gd	0.01	0.04	<0.01
Tb	<0.01	0.01	<0.01	Tb	<0.01	<0.01	<0.01	Tb	<0.01	0.01	<0.01	Tb	<0.01	<0.01	<0.01
Dy	0.06	0.17	<0.01	Dy	0.10	0.17	0.04	Dy	0.06	0.09	0.04	Dy	<0.01	0.02	<0.01
Ho	<0.01	0.01	<0.01	Ho	<0.01	<0.01	<0.01	Ho	0.01	0.01	<0.01	Ho	<0.01	<0.01	<0.01
Er	0.01	0.04	<0.01	Er	<0.01	<0.01	<0.01	Er	0.02	0.04	<0.01	Er	<0.01	0.01	<0.01
Tm	<0.01	0.00	<0.01	Tm	<0.01	<0.01	<0.01	Tm	<0.01	<0.01	<0.01	Tm	<0.01	<0.01	<0.01
Yb	0.01	0.04	<0.01	Yb	<0.01	<0.01	<0.01	Yb	0.02	0.04	<0.01	Yb	<0.01	0.01	<0.01
Lu	<0.01	<0.01	<0.01	Lu	<0.01	<0.01	<0.01	Lu	<0.01	<0.01	<0.01	Lu	<0.01	<0.01	<0.01
Hf	0.01	0.05	<0.01	Hf				Hf	0.02	0.05	<0.01	Hf	<0.01	<0.01	<0.01
Ta	0.00	0.02	<0.01	Ta	<0.01	<0.01	<0.01	Ta	0.01	0.02	<0.01	Ta	<0.01	<0.01	<0.01
W	0.02	0.09	<0.01	W	<0.01	<0.01	<0.01	W	0.01	0.02	<0.01	W	0.04	0.09	<0.01
Tl	0.01	0.08	<0.01	Tl	<0.01	<0.01	<0.01	Tl	0.02	0.04	<0.01	Tl	0.03	0.08	<0.01
Pb	3.64	8.75	<0.01	Pb	5.04	8.75	1.92	Pb	4.72	5.83	3.45	Pb	1.16	2.63	<0.01
Bi	0.02	0.13	<0.01	Bi	<0.01	<0.01	<0.01	Bi	0.04	0.13	<0.01	Bi	0.02	0.04	<0.01
Th	0.15	0.38	<0.01	Th	0.22	0.38	0.10	Th	0.21	0.32	0.09	Th	0.01	0.05	<0.01
U	0.09	0.28	<0.01	U	0.21	0.28	0.08	U	0.05	0.08	0.03	U	<0.01	0.02	<0.01

Tabla 6.3: análisis químico de filtros de PM10 y PM2.5 muestreados en Cabina.

CABINA CMP 1, 2 Y 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	CABINA CAMPAÑA 1 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	CABINA CAMPAÑA 2 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	CABINA CAMPAÑA 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO
µg/m ³				µg/m ³				µg/m ³				µg/m ³			
Ctotal	1.89	4.06	0.00	Ctotal	1.36	1.64	0.86	Ctotal	3.59	4.06	2.65	Ctotal	1.00	1.93	0.00
C org	2.01	3.95	0.77	C org	1.26	1.52	0.77	C org	3.48	3.95	2.54	C org	1.29	1.91	0.90
Cnm	2.41	4.74	0.93	Cnm	1.51	1.82	0.93	Cnm	4.17	4.74	3.05	Cnm	1.55	2.29	1.08
CO3=	0.41	0.85	0.12	CO3=	0.55	0.85	0.37	CO3=	0.57	0.62	0.54	CO3=	0.19	0.30	0.12
SiO2	1.17	3.44	0.17	SiO2	2.03	3.44	1.28	SiO2	1.34	1.82	0.94	SiO2	0.40	0.91	0.17
Al2O3	0.39	1.15	0.06	Al2O3	0.68	1.15	0.43	Al2O3	0.45	0.61	0.31	Al2O3	0.13	0.30	0.06
Ca	0.17	0.34	0.04	Ca	0.23	0.34	0.16	Ca	0.26	0.28	0.24	Ca	0.07	0.11	0.04
K	0.14	0.20	0.08	K	0.11	0.14	0.08	K	0.15	0.17	0.11	K	0.15	0.20	0.08
Na	0.14	0.27	0.07	Na	0.18	0.27	0.11	Na	0.13	0.14	0.12	Na	0.10	0.14	0.07
Mg	0.06	0.13	0.02	Mg	0.08	0.13	0.05	Mg	0.07	0.08	0.07	Mg	0.04	0.05	0.02
Fe	0.13	0.30	0.04	Fe	0.19	0.30	0.12	Fe	0.18	0.24	0.13	Fe	0.06	0.10	0.04
PO43-	0.04	0.07	0.00	PO43-	0.06	0.07	0.05	PO43-	0.04	0.05	0.04	PO43-	0.01	0.02	0.00
SO42-	2.57	5.21	1.08	SO42-	3.19	5.21	1.76	SO42-	3.36	4.67	2.61	SO42-	1.51	2.18	1.08
F	0.00	0.00	0.00	F	0.00	0.00	0.00	F	0.00	0.00	0.00	F	0.00	0.00	0.00
SO42-antrop	2.53	5.14	1.05	SO42-antrop	3.14	5.14	1.73	SO42-antrop	3.32	4.64	2.58	SO42-antrop	1.48	2.16	1.05
SO42-marino	0.03	0.07	0.02	SO42-marino	0.05	0.07	0.03	SO42-marino	0.03	0.03	0.03	SO42-marino	0.03	0.04	0.02
NO3-	1.34	5.13	0.20	NO3-	0.78	1.17	0.29	NO3-	0.25	0.31	0.20	NO3-	2.59	5.13	0.57
Cl	0.10	0.31	0.02	Cl	0.19	0.31	0.02	Cl	0.06	0.11	0.02	Cl	0.07	0.10	0.02
NH4+				NH4+				NH4+				NH4+			
PO43- *10	36.43	73.41	4.49	PO43- *10	59.78	73.41	49.14	PO43- *10	44.86	51.33	38.07	PO43- *10	12.60	21.84	4.49
Total	8.83	15.07	3.48	Total	9.76	15.07	6.70	Total	11.04	11.50	10.43	Total	6.48	9.76	3.48
PM	13.75	24.07	5.18	PM	15.26	24.07	10.68	PM	17.37	18.55	16.55	PM	9.90	14.81	5.18
%	65.16	79.31	59.64	%	64.50	70.19	60.72	%	63.64	67.63	60.28	%	66.79	79.31	59.64
No determ	4.92	9.00	1.07	No determ	5.51	9.00	3.18	No determ	6.33	7.37	5.50	No determ	3.42	5.19	1.07
Antropogénic	6.04	8.85	2.49	Antropogénic	5.43	8.09	3.85	Antropogénic	7.74	8.00	7.55	Antropogénic	5.23	8.85	2.49
Crustal	2.42	6.22	0.66	Crustal	3.77	6.22	2.52	Crustal	2.95	3.56	2.45	Crustal	1.00	1.77	0.66
Marino	0.33	0.71	0.15	Marino	0.50	0.71	0.20	Marino	0.30	0.35	0.26	Marino	0.24	0.30	0.15
Secundario	3.88	6.56	1.84	Secundario	3.92	6.32	2.02	Secundario	3.57	4.94	2.81	Secundario	4.07	6.56	1.84
C no mineral	2.17	4.74	0.00	C no mineral	1.51	1.82	0.93	C no mineral	4.17	4.74	3.05	C no mineral	1.16	2.29	0.00
ng/m ³				ng/m ³				ng/m ³				ng/m ³			
Li	0.06	0.13	0.01	Li	0.08	0.13	0.05	Li	0.08	0.09	0.06	Li	0.03	0.09	0.01
Be	<0.01	<0.01	<0.01	Be	<0.01	<0.01	<0.01	Be	<0.01	<0.01	<0.01	Be	<0.01	<0.01	<0.01
Sc	<0.01	<0.01	<0.01	Sc	<0.01	<0.01	<0.01	Sc	<0.01	<0.01	<0.01	Sc	<0.01	<0.01	<0.01
Ti	10.22	23.81	<0.01	Ti	15.49	23.81	10.64	Ti	14.59	17.40	12.41	Ti	3.00	7.32	<0.01
V	2.59	5.06	1.01	V	2.66	5.06	1.01	V	3.76	4.55	2.34	V	1.65	2.05	1.02
Cr	0.82	3.44	0.08	Cr	1.34	3.44	0.08	Cr	0.77	0.83	0.72	Cr	0.46	0.63	0.29
Mn	1.50	6.69	<0.01	Mn	<0.01	<0.01	<0.01	Mn	5.01	6.69	2.76	Mn	<0.01	<0.01	<0.01
Co	0.05	0.15	<0.01	Co	0.02	0.03	<0.01	Co	0.06	0.08	0.04	Co	0.05	0.15	<0.01

CABINA CMP 1, 2 Y 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	CABINA CAMPAÑA 1 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	CABINA CAMPAÑA 2 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO	CABINA CAMPAÑA 3 Conc. en µg/m ³ PARTÍCULA Captador	PROMEDIO	MAXIMO	MÍNIMO
	13,75	24,07	5,18		15,26	24,07	10,68		17,37	18,55	16,55		9,90	14,81	5,18
	PM10	PM10	PM10		PM10	PM10	PM10		PM10	PM10	PM10		PM10	PM10	PM10
	MCV	MCV	MCV		MCV	MCV	MCV		MCV	MCV	MCV		MCV	MCV	MCV
Ni	0.72	2.53	<0.01	Ni	0.23	0.43	<0.01	Ni	<0.01	<0.01	<0.01	Ni	1.62	2.53	0.94
Cu	12.81	38.61	1.98	Cu	9.25	10.17	7.62	Cu	27.99	38.61	22.22	Cu	4.09	6.47	1.98
Zn	24.46	46.89	3.10	Zn	9.34	19.84	3.10	Zn	32.25	33.63	30.83	Zn	29.97	46.89	13.34
Ga	0.05	0.14	<0.01	Ga	0.03	0.08	<0.01	Ga	0.13	0.14	0.12	Ga	0.01	0.05	<0.01
Ge	<0.01	<0.01	<0.01	Ge	<0.01	<0.01	<0.01	Ge	<0.01	<0.01	<0.01	Ge	<0.01	<0.01	<0.01
As	0.36	0.53	0.13	As	0.30	0.40	0.24	As	0.46	0.53	0.34	As	0.32	0.45	0.13
Se	0.14	0.29	<0.01	Se	0.10	0.23	0.00	Se	0.09	0.10	0.07	Se	0.21	0.29	0.10
Rb	0.35	0.74	0.08	Rb	0.28	0.35	0.18	Rb	0.61	0.74	0.54	Rb	0.20	0.35	0.08
Sr	0.89	2.80	0.13	Sr	1.56	2.80	0.71	Sr	1.02	1.06	0.98	Sr	0.28	0.58	0.13
Y	0.10	0.68	<0.01	Y	0.25	0.68	0.01	Y	0.07	0.07	0.06	Y	0.01	0.01	<0.01
Zr	<0.01	<0.01	<0.01	Zr	<0.01	<0.01	<0.01	Zr	<0.01	<0.01	<0.01	Zr	<0.01	<0.01	<0.01
Nb	0.00	<0.01	<0.01	Nb	<0.01	<0.01	<0.01	Nb	<0.01	<0.01	<0.01	Nb	<0.01	<0.01	<0.01
Mo	1.25	12.50	<0.01	Mo	4.17	12.50	<0.01	Mo	<0.01	<0.01	<0.01	Mo	<0.01	<0.01	<0.01
Cd	0.02	0.07	<0.01	Cd	<0.01	<0.01	<0.01	Cd	<0.01	<0.01	<0.01	Cd	0.05	0.07	0.01
Sn	0.57	1.15	0.22	Sn				Sn	0.73	1.15	0.51	Sn	0.45	0.88	0.22
Sb	0.17	0.42	0.02	Sb				Sb	0.07	0.16	0.02	Sb	0.25	0.42	0.10
Cs	<0.01	0.01	<0.01	Cs	<0.01	<0.01	<0.01	Cs	0.00	0.00	0.00	Cs	<0.01	0.01	<0.01
Ba	1.42	5.28	<0.01	Ba	0.23	0.69	<0.01	Ba	4.23	5.28	3.63	Ba	0.20	0.76	<0.01
La	0.12	0.24	<0.01	La	0.16	0.24	0.12	La	0.20	0.22	0.18	La	0.04	0.11	<0.01
Ce	0.19	0.35	<0.01	Ce	0.22	0.26	0.20	Ce	0.34	0.35	0.32	Ce	0.06	0.20	<0.01
Pr	<0.01	0.02	<0.01	Pr	<0.01	<0.01	<0.01	Pr	0.00	0.00	0.00	Pr	<0.01	0.02	<0.01
Nd	0.09	0.16	<0.01	Nd	0.12	0.16	0.08	Nd	0.13	0.14	0.13	Nd	0.03	0.08	<0.01
Sm	<0.01	0.01	<0.01	Sm	<0.01	<0.01	<0.01	Sm	0.01	0.01	<0.01	Sm	<0.01	<0.01	<0.01
Eu	<0.01	0.00	<0.01	Eu	<0.01	<0.01	<0.01	Eu	<0.01	<0.01	<0.01	Eu	<0.01	<0.01	<0.01
Gd	0.01	0.08	<0.01	Gd	0.04	0.08	0.01	Gd	0.01	0.01	<0.01	Gd	<0.01	<0.01	<0.01
Tb	<0.01	<0.01	<0.01	Tb	<0.01	<0.01	<0.01	Tb	<0.01	<0.01	<0.01	Tb	<0.01	<0.01	<0.01
Dy	0.02	0.11	<0.01	Dy	0.04	0.11	<0.01	Dy	0.01	0.01	<0.01	Dy	<0.01	<0.01	<0.01
Ho	<0.01	<0.01	<0.01	Ho	<0.01	<0.01	<0.01	Ho	0.00	<0.01	<0.01	Ho	<0.01	<0.01	<0.01
Er	<0.01	<0.01	<0.01	Er	<0.01	<0.01	<0.01	Er	<0.01	<0.01	<0.01	Er	<0.01	<0.01	<0.01
Tm	<0.01	<0.01	<0.01	Tm	<0.01	<0.01	<0.01	Tm	<0.01	<0.01	<0.01	Tm	<0.01	<0.01	<0.01
Yb	<0.01	<0.01	<0.01	Yb	<0.01	<0.01	<0.01	Yb	<0.01	<0.01	<0.01	Yb	<0.01	<0.01	<0.01
Lu	<0.01	<0.01	<0.01	Lu	<0.01	<0.01	<0.01	Lu	<0.01	<0.01	<0.01	Lu	<0.01	<0.01	<0.01
Hf	<0.01	<0.01	<0.01	Hf	<0.01	<0.01	<0.01	Hf	<0.01	<0.01	<0.01	Hf	<0.01	<0.01	<0.01
Ta	<0.01	<0.01	<0.01	Ta	<0.01	<0.01	<0.01	Ta	<0.01	<0.01	<0.01	Ta	<0.01	<0.01	<0.01
W	0.02	0.12	<0.01	W	0.05	0.12	<0.01	W	<0.01	<0.01	<0.01	W	<0.01	0.01	<0.01
Tl	0.01	0.05	<0.01	Tl	<0.01	<0.01	<0.01	Tl	<0.01	<0.01	<0.01	Tl	0.02	0.05	<0.01
Pb	2.66	6.76	<0.01	Pb	3.25	6.76	1.37	Pb	4.08	4.28	3.85	Pb	1.17	2.74	<0.01
Bi	<0.01	0.01	<0.01	Bi	<0.01	<0.01	<0.01	Bi	<0.01	<0.01	<0.01	Bi	<0.01	0.01	<0.01
Th	0.02	0.15	<0.01	Th	0.07	0.15	0.03	Th	<0.01	<0.01	<0.01	Th	<0.01	<0.01	<0.01
U	0.04	0.35	<0.01	U	0.14	0.35	0.02	U	<0.01	0.01	<0.01	U	<0.01	0.01	<0.01

6.3.3 Cabina.

En la tabla 6.3 se encuentran los análisis químico promedio, máximo y mínimo de los filtros de PM_{2.5} obtenidos en los muestreos realizados en la Cabina de Control de la Calidad del Aire instalada en el Cortijo El Endrinal (Cabina).

La concentración media de PM_{2.5} obtenida en las tres campañas ha sido de 13.75 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$, variando desde la campaña 1 (15.3 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$), campaña 2 (17.4 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$), y campaña 3 (9.8 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$), considerándose muy bajas y propias de estaciones de fondo rural de la Península Ibérica (Querol et al. 2006).

Al igual que en los niveles obtenidos en PM_{2.5} en la estación de muestreo de Alange, las concentraciones medias en elementos y aniones mayoritarios en PM_{2.5} fueron superiores en la campaña de verano (segunda campaña), seguido de la campaña de primavera (primera campaña). Las concentraciones más bajas tuvieron lugar en otoño (tercera campaña (ver tabla 6.3).

Las concentraciones de Pb, Ni, As y Cd en PM_{2.5} (3.25 $\mu\text{gPb}/\text{m}^3$, 4.08 $\mu\text{gPb}/\text{m}^3$ y 1.2 $\mu\text{gPb}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Pb; 0.23 $\mu\text{gNi}/\text{m}^3$, <0.01 $\mu\text{gNi}/\text{m}^3$ y 1.62 $\mu\text{gNi}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Ni; 0.30 $\mu\text{gAs}/\text{m}^3$, 0.46 $\mu\text{gAs}/\text{m}^3$ y 0.32 $\mu\text{gAs}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para As; <0.01 $\mu\text{gCd}/\text{m}^3$, <0.01 $\mu\text{gCd}/\text{m}^3$ y 0.05 $\mu\text{gCd}/\text{m}^3$ en las campañas 1, 2 y 3 para Cd son bajas), siendo muy inferiores al valor límite descrito en las directiva 1999/30/CE para Pb en PM₁₀ (500 ngPb/m^3 , 1999/30/CE) y a los valores **guía** propuestos en la directiva 2003/164/CE para Ni, As y Cd en PM₁₀ (20 ngNi/m^3 , 6 ngAs/m^3 y 5 ngCd/m^3).

6.4. Resultados de Muestreos Indirecto de Penachos y Emisiones Fugitivas.

Al mismo tiempo que se ha muestreado material particulado en las estaciones fijas en las campañas 1 (primavera), campaña 2 (verano) y campaña 3 (otoño), se han realizado muestreos con captadores de alto volumen (PM₁₀ y PM_{2.5}) y LASER GRIMM 1107 de penachos y emisiones fugitivas de empresas representativas de la zona de estudio, con objeto de caracterizar niveles de PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁ y composición química. Los muestreos se han realizado en la proximidad de los focos de emisión en situación de impacto de los penachos en superficie.

Se presenta a continuación las principales consideraciones sobre niveles y geoquímica de los impactos muestreados en las tres campañas.

6.4.1 Niveles de PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁

Campaña 1.

El muestreo de las emisiones de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros se realizó entre las 12:58 h y 16:11 h del jueves 1 de Junio de 2006. Se inició el muestreo en el entorno del Llano del Paraíso, en dirección NW al foco principal. Sin embargo tras un cambio en la dirección del viento, se modificó la ubicación del muestreo al Castillo, en dirección N-NE en relación a la Siderurgia.

En la figura 6.5 se encuentran representado los niveles de PM10, PM2.5 y PM1 minutales registrados durante el muestreo. Hay que destacar el dominio de partículas de tamaño grueso (PM2.5/PM10=0.2), y como los máximos son cíclicos, coincidiendo con los máximos de concentración de las emisiones fugitivas de la Siderurgia. La concentración media obtenida con el detector LASER GRIMM 1107 fue 176 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, 35 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y 21 $\mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$. A las 14:26 se registró un máximo de partículas finas 375 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, 238 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y 217 $\mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$, coincidiendo con un máximo en la concentración de partículas secundarias.

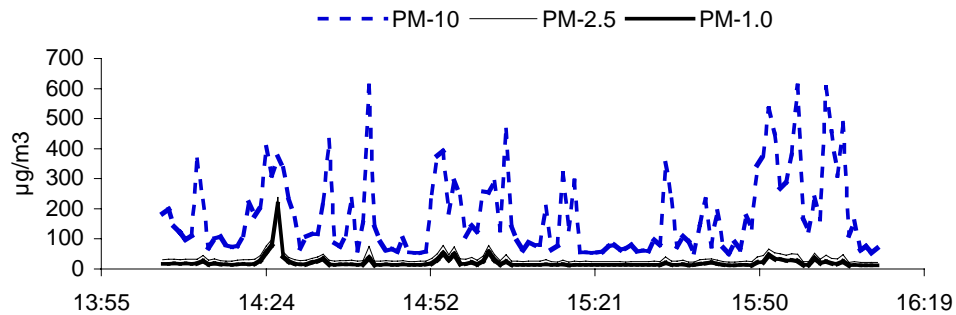


Figura 6.5: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros.

Los penachos de una empresa Alcoholar de Almendralejo se muestrearon los días 31 de Mayo y 2 de Junio de 2006. En las figuras 6.6 y 6.7 se encuentran representados los niveles minutales de PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de los filtros de PM10 con el captador de alto volumen.

El muestreo del 31 de Mayo se realizó entre las 17:59 y 19:26h, con una interrupción del muestreo entre las 18:49 y 18:58 por cambio en la dirección del viento. La concentración media obtenida con el equipo LASER GRIMM 1107 fue 123 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, 24 $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y 16 $\mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$, dominando también las partículas gruesas (relación PM2.5/PM10= 0,20). El viento fue racheado de dirección W y SW. Durante el muestreo se apreció un intenso olor a residuos de aceituna, y en consecuencia se pudieron acoplar las emisiones de la empresa Alcoholar y los molinos de aceite próximos.

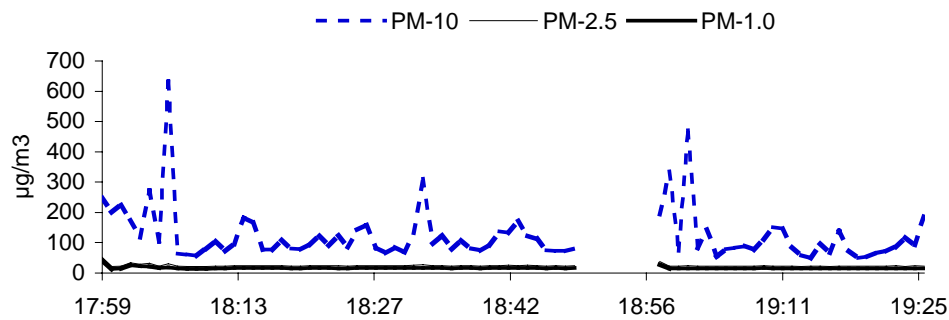


Figura 6.6: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la empresa Alcoholar de Almendralejo.

El segundo muestreo del penacho de la empresa Alcoholar de Almendralejo se realizó el día 2 de Junio de 2006 entre las 18:33 y 20:19h En esta ocasión, el viento también fue racheado pero de componente NW. La concentración media de PM10 obtenida con el equipo LASER GRIMM 1107 fue inferior a la obtenida en el primer muestreo ($76 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$) y muy parecida en PM2.5 y PM1 ($22 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $17 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$), dominando también las partículas gruesas (relación $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10} = 0,28$). El viento fue racheado de dirección W y SW. Entre las 19:46 y 19:50 h se registra un máximo de partículas finas (relación $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10} = 0,44$), siendo los niveles medios de partículas obtenidos en este intervalo de $161 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $70 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $65 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$.

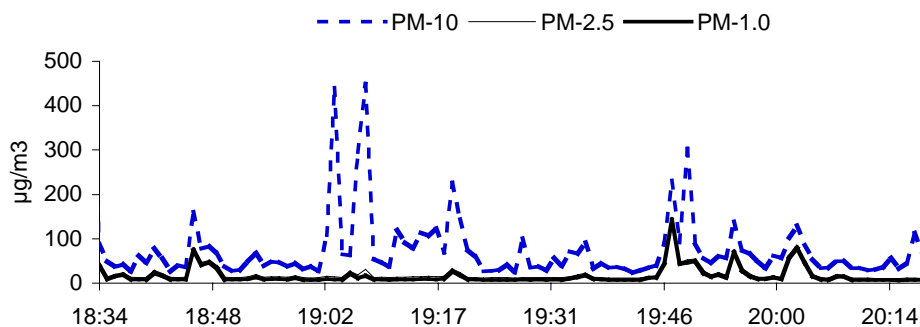


Figura 6.7: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la empresa Alcoholar de Almendralejo.

En las proximidades de la Cantera de Los Santos de Maimona se muestreó PM10 con un captador de alto volumen de las emisiones fugitivas derivadas del muestreo de áridos con maquinaria pesada PM10 entre las 16:34 y 17:30 h del día 30 de Junio,.

Al mismo tiempo se registró de forma minutal los niveles de PM10, PM2.5 y PM1 con un espectrómetro LASER (GRIMM 1107) (Fig. 8). Los niveles medios de partículas

atmosféricas obtenidos durante el muestreo fueron $1348 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $72 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $30 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$, con una relación $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_1$ muy pequeña (0,05), al tratarse de partículas primarias gruesas. Cabe destacar el máximo de $1869 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $98 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $36 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$ obtenido entre las 17:24 y 17:28.

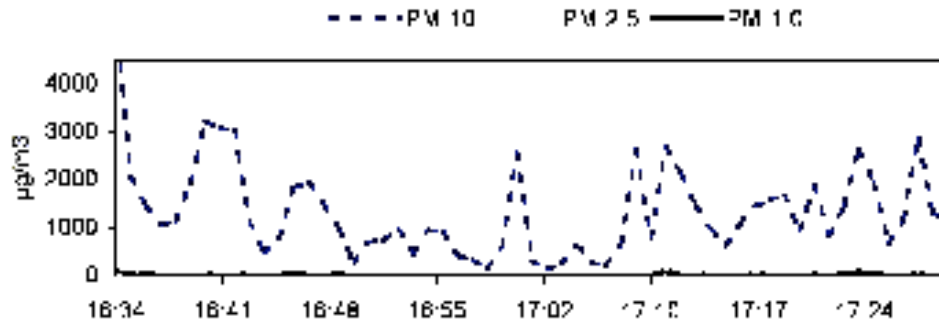


Figura 6.8: diagrama de niveles PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_1 registrados durante el muestreo de la Cantera de Los Santos de Maimona.

Campaña 2.

El muestreo de las emisiones de la Planta de Asfalto se realizó entre las 12:49 h y 14:30 h del jueves 9 de Agosto de 2006. Se realizó el muestreo un olivar situado al oeste de la empresa. El viento fue racheado, prueba del mismo son los máximos en dientes de sierra de PM10 que se distinguen en la Fig. 9.

En la figura 6.9 se encuentran representado los niveles de PM10, PM2.5 y PM1 minutales registrados durante el muestreo. Hay que destacar el dominio de partículas de tamaño grueso ($PM_{2.5}/PM_{10}=0.08$), y como los máximos son cíclicos, coincidiendo con los máximos de concentración de las emisiones fugitivas. La concentración media obtenida con el detector LASER GRIMM 1107 fue $351 \mu gPM_{10}/m^3$, $28 \mu gPM_{2.5}/m^3$ y $14 \mu gPM_1/m^3$.

En el Anexo 2A y B se distingue una imagen en el momento del muestreo. Hay que resaltar también, la explosión controlada que tuvo lugar con objeto de facilitar las labores de extracción de la cantera de mármol . En la imagen del Anexo 2B se observa la nube de polvo que se pudo visualizar desde gran distancia.

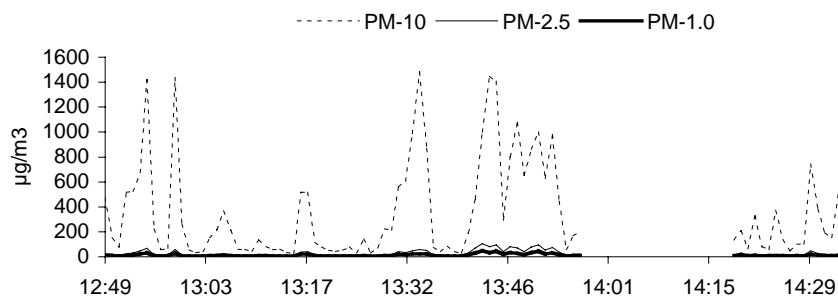


Figura 6.9: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la Planta de Asfalto.

Los penachos de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros se muestrearon los días 9 y 10 de Agosto de 2006. En las figura 6.10 y 6.11 se encuentran representados los niveles minutales de PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de los filtros de PM10 con el captador de alto volumen.

El muestreo del día 9 de Agosto de 2006 se realizó entre las 16:39 y 18:35h. El viento fue racheado de dirección N-NE. La concentración media obtenida con el equipo LASER GRIMM 1107 fue de $60 \mu gPM_{10}/m^3$, $13 \mu gPM_{2.5}/m^3$ y $8 \mu gPM_1/m^3$, dominando también las partículas gruesas (relación $PM_{2.5}/PM_{10}= 0,21$). Esta ratio es igual a la obtenida en el muestreo del 31 de Mayo de 2006.

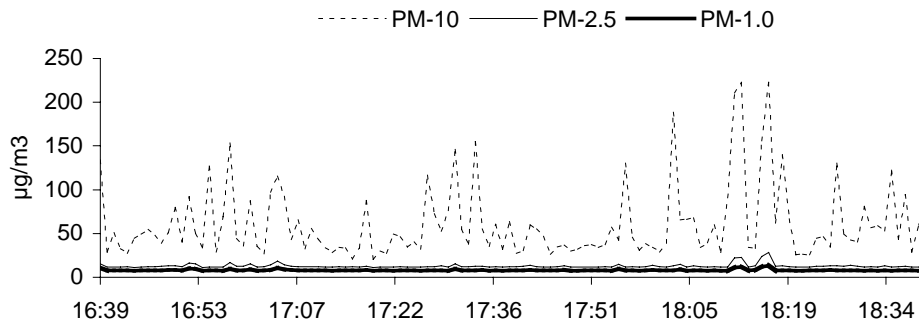


Figura 6.10: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros el día 9 de agosto de 2006.

El segundo muestreo del penacho de la empresa Siderurgia de Jerez de los Caballeros se realizó el día 10 de agosto de 2006 entre las 16:18 y 18:03h. El viento también fue racheado de dirección N-NE. La concentración media de PM10 obtenida con el equipo LASER GRIMM 1107 fue similar a la obtenida en el primer muestreo ($59 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $16 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $12 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$), dominando también las partículas gruesas (relación $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}= 0,28$).

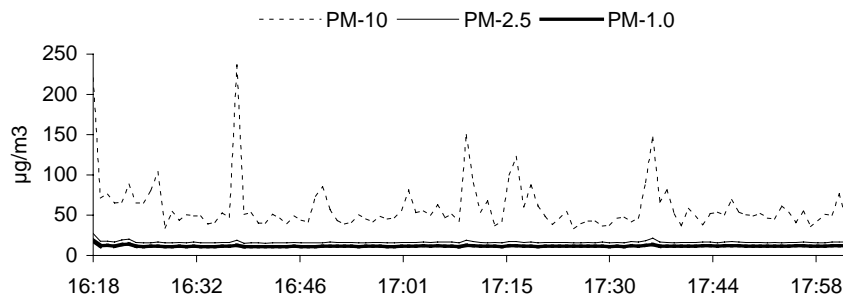


Figura 6.11: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros el día 10 de agosto de 2006

Campaña 3.

Durante la tercera campaña se realizaron los muestreos de las emisiones realizadas por un Molino de Aceite, también del cruce de Los Santos de Maimona con la antigua carretera nacional de la Ruta de la Plata (Anexo 3A y 3B) e impacto de la Alcoholera de Almendralejo más fondo urbano de Almendralejo (Anexo 2C)..

El penacho del Molino de Aceite se muestrearon los días 29 y 30 de noviembre de 2006. En las figuras 6.12 y 6.13 se encuentran representados los niveles minutales de PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de los filtros de PM10 con el captador de alto volumen.

El muestreo del 29 de Mayo se realizó entre las 12:33 y 14:33h, siendo la dirección del viento E-NE y racheado. El penacho muestreado correspondía a una chimenea de metal. La otra chimenea de ladrillos no emitía en ese momento. La concentración media obtenida con el equipo LASER GRIMM 1107 fue $43 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $35 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $30 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$, dominando también las partículas finas (relación $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}=0,82$). Durante el muestreo se apreció un intenso olor a residuos de aceituna.

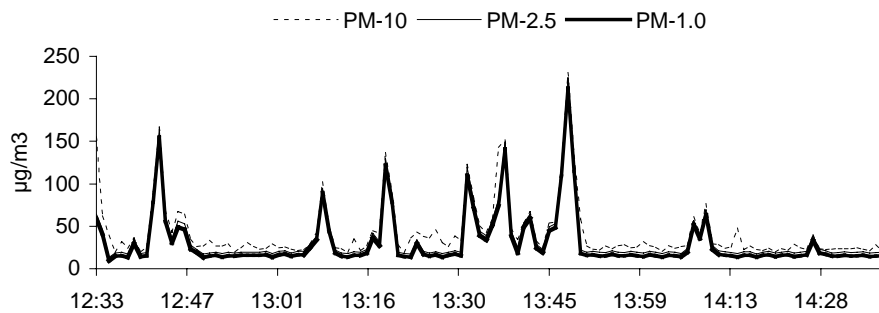


Figura 6.12: diagrama de niveles PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_1 registrados durante el muestreo de un Molino de Aceite en el cruce de Los Santos de Maimona con la antigua carretera nacional de la Ruta de la Plata durante el día 29 de Noviembre de 2006.

El segundo muestreo del penacho del Molino de Aceite se realizó el día 30 de noviembre de 2006 entre las 4:58 y 16:58h, siendo el viento racheado pero de componente NE-E. En esta ocasión estaban activas las dos chimeneas La concentración media de PM_{10} obtenida con el equipo LASER GRIMM 1107 fue inferior a la obtenida en el primer muestreo ($34 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $26 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $10 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$), dominando también las partículas finas (relación $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}=0,75$).

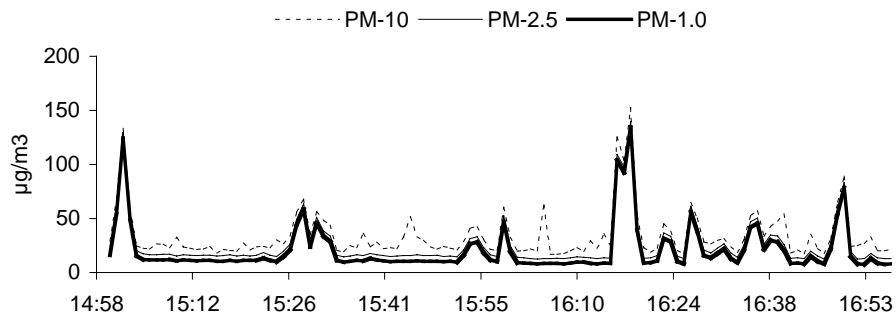


Figura 6.13: diagrama de niveles PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_1 registrados durante el muestreo de un Molino de Aceite en el cruce de Los Santos de Maimona con la antigua carretera nacional de la Ruta de la Plata durante el día 30 de Noviembre de 2006.

El muestreo de las emisiones de la Alcoholera se realizó en el sector occidental de Almedralejo. El penacho se encontraba muy bien definido, impactando en las proximidades de la Calle Torrejón el Rubio. El viento era de dirección E, variando a SE durante el final del muestreo. Se emplearon dos captadores de alto volumen (PM10 y PM2.5), durando unos 90 minutos, entre las 17:14 y 18:50 h del día 29 de Noviembre de 2006.

Al mismo tiempo se registró de forma minutal los niveles de PM10, PM2.5 y PM1 con un espectrómetro LASER (GRIMM 1107) (Fig. 14). Los niveles medios de partículas atmosféricas obtenidos durante el muestreo fueron $79 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $31 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $23 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$, con una relación PM2.5/PM1 media (0,40).

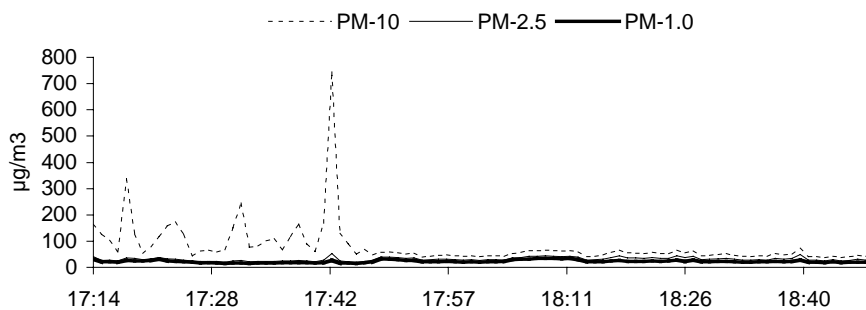


Figura 6.14: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la Alcoholera en el sector occidental de Almedralejo, durante el día 29 de Noviembre de 2006.

Por último se describe el muestreo realizado en las inmediaciones de la Cerámica Manuel Mayo dentro del municipio de Villafranca de Barros. Hay que resaltar el intenso color oscuro del penacho, que debido a la poca altura de la chimenea, impacta directamente sobre el suelo, sin elevarse en altura. El muestreo se desarrolló entre las 12:09 y 13:15. Al mismo tiempo se registró de forma minutal los niveles de PM10, PM2.5 y PM1 con un espectrómetro LASER (GRIMM 1107) (Fig. 15). Los niveles medios de partículas atmosféricas obtenidos durante el muestreo fueron $178 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $153 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $147 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$, con una relación PM2.5/PM1 media (0,86), tratándose de partículas finas.

Se realizó un segundo muestreo entre las 13:37 y 14:00h, en este caso no se produjo impacto de las emisiones de la cerámica Manuel Mayo, siendo las concentraciones obtenidas de PM10, PM2.5 y PM1 de $33 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, $19 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y $14 \mu\text{gPM}_1/\text{m}^3$, con una relación PM2.5/PM1 media (0,57).

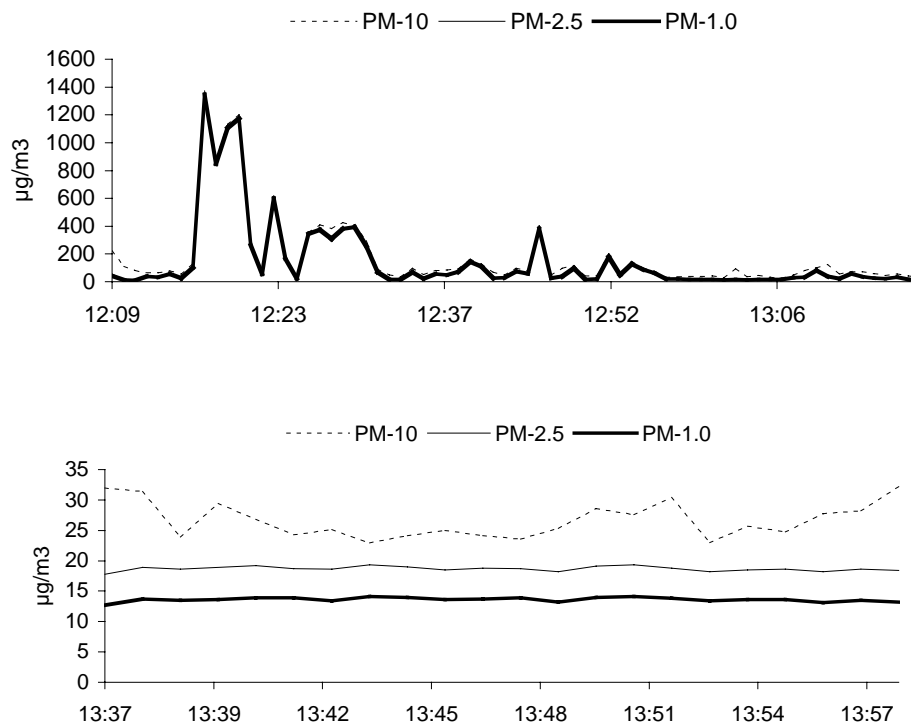


Figura 6.15: diagrama de niveles PM10, PM2.5 y PM1 registrados durante el muestreo de la Cerámica Manuel Mayo.

6.4.2 Composición Química de PM10

Los análisis correspondientes a los filtros muestreados en la proximidad de focos emisores representativos de la zona de estudio se encuentran en la tabla 6.4.

Campaña 1.

Las emisiones de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros se caracterizan por altas concentraciones en **Zn** (2125 ng/m³), **Pb** (743 ng/m³), **Cr** (27 ng/m³), **Cu** (75 ng/m³), **As** (10.38 ng/m³), y **Cd** (9.25 ng/m³). En la actualidad existen nivel límite anual para Pb y niveles guía anuales en el caso de Ni, As y Cd (500 ngPb/m³ según directiva 1999/30/CE, y Ni, As y Cd en PM10 (20 ngNi/m³, 6 ngAs/m³ y 5 ngCd/m³ según la directiva 2004/107/CE). Las concentraciones obtenidas en estos muestreos no pueden ser comparados con los límites antes mencionados ya que éstos se refieren a muestreos en cabinas de control de la calidad del aire de ámbito urbano y el muestreo se refiere al menos a un año.

La concentración de metales en el muestreo del primer día de la empresa Alcoholera fue mayor que en el segundo, destacando las altas concentraciones de **Zn** (209 ng/m³) y **Cu** (153 ng/m³). También hay que destacar las altas concentraciones en **Ctotal** (67 µg/m³).

Por último las emisiones fugitivas derivadas del movimiento de áridos de la Cantera de Los Santos de Maimona es la que ha registrado mayor concentración de PM10 de todos los focos muestreados con el captador de alto volumen (827 µg/m³). Las máximas concentraciones en

PM10 se han obtenido en **Zn** (241 ng/m³), **Cu** (175 ng/m³), **V** (62 ng/m³), **Cr** (49 ng/m³), **As** (33 ng/m³), **Sr** (117 ng/m³), **Mo** (62 ng/m³), **Pb** (66 ng/m³) y **Ba** (66 ng/m³). Las concentraciones de **Ctotal** también son altas (168 µg/m³).

Campaña 2.

En la segunda campaña se realizaron muestreos en la Planta de Áridos y Alquitrán del Cruce de Los Santos de Maimona y Siderurgia de Jerez de los Caballeros, durante los días 9 y 10 de Agosto de 2007. Las emisiones de la Planta de Áridos y Alquitrán del Cruce de Los Santos de Maimona caracterizan por altas concentraciones en PM2.5 de **carbonatos** (12 µg/m³), **Cu** (42 ng/m³), **Zn** (333 ng/m³), y **Ba** (54 ng/m³).

En el muestreo de las emisiones de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros del día 9 de Agosto de 2006 se ha observado mayores concentraciones en PM2.5 que en PM10, atribuyéndose a artefactos del muestreo de pequeños volúmenes de aire. Hay que destacar **Zn** (116 ng/m³ en PM10 y 514 ng/m³ en PM2.5), **Ti** (95 ng/m³ en PM10 y 33 ng/m³ en PM2.5), y **Ba** (26 ng/m³ en PM10 y 40 ng/m³ en PM2.5). Durante el día 10 se obtuvieron resultados más parecidos a los obtenidos durante la Campaña 1, de los que se resalta **Pb** (42 ng/m³ en PM10 y 25 ng/m³ en PM2.5), **Zn** (259 ng/m³ en PM10 y 275 ng/m³ en PM2.5), **Cu** (81 ng/m³ en PM10 y 42 ng/m³ en PM2.5) y **Ti** (71 ng/m³ en PM10 y 19 ng/m³ en PM2.5).

Campaña 3.

Las emisiones del Molino de Aceite en el cruce de Los Santos de Maimonase se caracterizan por altas concentraciones en **Zn** (247 ng/m³ en PM10 y 240 ng/m³ en PM2.5), **Rb** (21.6 ng/m³ en PM10 y 20.7 ng/m³ en PM2.5), **K** (12.2 µg/m³ en PM10 y 12.1 µg/m³ en PM2.5), **Ni** (14.4 ng/m³ en PM10 y 1.1 ng/m³ en PM2.5), y **V** (0.29 ng/m³ en PM10 y <0.01 ng/m³ en PM2.5).

Las emisiones de la Alcoholera de Almendralejo más el fondo rural se caracterizan por altas concentraciones en **Zn** (191 ng/m³ en PM10 y 151 ng/m³ en PM2.5), **Cu** (48 ng/m³ en PM10 y 31 ng/m³ en PM2.5), **Ni** (16 µg/m³ en PM10 y 12 µg/m³ en PM2.5), **Ti** (292 ng/m³ en PM10 y 61 ng/m³ en PM2.5), **Pb** (14 ng/m³ en PM10 y <0.01 ng/m³ en PM2.5), **Ba** (60.28 ng/m³ en PM10 y <6.09 ng/m³ en PM2.5) y **As** (2.56 ng/m³ en PM10 y 1.72 ng/m³ en PM2.5).

En la alfarería Manuel Mayo solamente se muestreó PM2.5, destacando en este caso **Zn** (344 ng/m³), **Cu** (18.9 ng/m³), **Ni** (16.2 ng/m³), **V** (5.21 ng/m³), y sobre todo **Ctotal** (118 µg/m³).

Por último las emisiones del Molino de Aceite del día 30/11/06 se caracterizan por altos niveles de **Ni** (15 ng/m³ en PM10 y 43 ng/m³ en PM2.5), **Ba** (149 ng/m³ en PM10 y 200 ng/m³ en PM2.5), y **Ti** (85 ng/m³ en PM10 y 21 ng/m³ en PM2.5). Se ha considerado que las muestras P391 y P392 no son representativas dado las bajas concentraciones de volumen muestreado (5 y 4 m³ respectivamente).

Actualmente existe un nivel límite anual para Pb y niveles guía anuales en el caso de Ni, As y Cd en inmisión (500 ngPb/m³ según directiva 1999/30/CE, y Ni, As y Cd en PM10 (20 ngNi/m³, 6 ngAs/m³ y 5 ngCd/m³ según la directiva 2004/107/CE. La UE pretende que estos niveles sean de obligado cumplimiento en el 2012. Las concentraciones obtenidas en estos muestreos no pueden ser comparados con los límites antes mencionados ya que éstos se refieren a muestreos en cabinas de control de la calidad del aire de ámbito urbano y el muestreo se refiere al menos a un año.

Tabla 6.4: análisis químico de filtros de PM10 correspondiente a los muestreos de penachos y emisiones fugitivas.

LOCALIDAD	CANTERA	ALCOH	SIDERUR	ALCOH	ARIDOS ALQU	ARIDOS ALQU	SIDERUR	SIDERUR	SIDERUR	SIDERUR	MOL ACEIT	MOL ACEIT	ALMENDRO	ALMENDRO	CERÁM MAYO	CERÁM MAYO	CERÁM MAYO	MOL ACEIT	MOL ACEIT
REF	P108	P113	P117	P122	P196	P195	P198	P197	P200	P205	P386	P387	P389	P388	P390	P391	P392	P394	P393
FECHA INI	30/5/06	31/5/06	1/6/06	2/6/06	9/8/06	9/8/06	9/8/06	9/8/06	10/8/06	10/8/06	29/11/06	29/11/06	29/11/06	29/11/06	30/11/06	30/11/06	30/11/06	30/11/06	30/11/06
FECHA FIN	30/5/06	31/5/06	1/6/06	2/6/06	9/8/06	9/8/06	9/8/06	9/8/06	10/8/06	10/8/06	29/11/06	29/11/06	29/11/06	29/11/06	30/11/06	30/11/06	30/11/06	30/11/06	30/11/06
vol(m3)	30	41	73	55	47	40	63	60	56	52	41	42	48	49	24	5	4	47	47
Concent1	827	112	99	107	151	78	51	38	55	44	54	62	119	33	150	400	400	47	66
PARTÍCL	PM10	PM10	PM10	PM10	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM2.5	PM10	PM2.5	PM2.5	PM10
Captador	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV	MCV
Referencia	P108	P113F	P117F	P122F	P196	P195	P198	P197	P200	P205	P386	P387	P389	P388	P390	P391	P392	P394	P393
$\mu\text{g}/\text{m}^3$																			
Ctotal	126.3	50.3	3.7	21.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.72	0.00	88.60	0.00	0.00	5.19	3.92
C org	68.59	49.13	0.87	21.68									8.88		87.66			4.35	2.95
Cnm	82.31	58.96	1.05	26.02									10.65		105.20			5.21	3.54
CO3=	288.42	5.98	14.14	0.00	54.57	12.06	3.02	5.25	3.26	2.64	4.09	3.10	19.22	5.05	4.69	52.00	19.38	4.20	4.84
SiO2	171.70	11.04	27.91	0.00	15.66	1.42	7.19	0.00	4.04	0.00	5.52	4.04	30.66	6.93	4.72	90.57	42.45	4.82	8.43
Al2O3	57.23	3.68	9.30	0.00	5.22	0.47	2.40	0.00	1.35	0.00	1.84	1.35	10.22	2.31	1.57	30.19	14.15	1.61	2.81
Ca	170.33	1.71	6.58	0.00	32.77	6.50	1.43	1.83	1.61	0.96	1.22	0.71	9.38	2.24	1.67	22.00	5.00	1.28	1.91
K	9.40	2.00	2.49	0.00	1.15	0.18	0.62	0.28	0.57	0.52	12.20	12.14	3.13	1.76	1.25	7.60	0.00	7.87	7.66
Na	0.47	5.90	2.36	0.00	0.21	0.18	0.38	0.35	0.68	0.21	0.51	0.40	0.98	0.35	1.33	7.80	2.50	0.32	0.40
Mg	13.17	1.37	1.71	0.00	2.17	0.93	0.35	1.00	0.34	0.48	0.90	0.81	2.06	0.67	0.88	7.60	4.75	0.91	0.79
Fe	24.43	0.80	6.62	0.00	3.34	1.18	1.70	0.62	1.20	0.50	0.76	0.26	3.56	2.47	0.67	10.20	2.25	0.34	0.66
PO43-	1.74	0.15	0.59	0.00	0.26	0.23	0.15	0.00	0.16	0.06	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4 ²⁻	6.40	10.57	6.23	5.13	1.25	0.72	1.96	1.18	4.99	4.13	7.00	6.71	0.53	0.73	0.00	0.00	0.00	4.85	4.67
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4 ²⁻ antrp	6.28	9.09	5.64	5.13	1.20	0.68	1.87	1.09	4.82	4.08	6.87	6.61	0.28	0.65	0.00	0.00	0.00	4.77	4.57
SO4 ²⁻ marin	0.12	1.48	0.59	0.00	0.05	0.04	0.10	0.09	0.17	0.05	0.13	0.10	0.24	0.09	0.33	1.95	0.63	0.08	0.10
NO3-	3.28	2.69	3.86	3.12	2.14	0.60	1.09	1.14	2.51	0.62	6.18	4.74	5.38	3.36	6.05	3.60	4.80	2.73	4.60
Cl	1.76	0.00	2.70	0.57	1.20	1.44	0.02	0.68	0.64	0.00	2.17	1.89	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.82	0.69
NH4+																			
PO43- *10	1737.97	149.61	588.19	0.00	261.02	230.03	146.05	0.00	164.30	58.98	0.00	0.00	127.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total	830.64	104.85	85.54	34.83	119.94	25.89	20.29	12.33	21.35	10.13	42.37	36.16	95.88	25.87	128.16	231.55	95.28	34.96	41.00
PM	826.67	112.20	98.63	107.27	151.06	77.50	50.79	38.33	55.36	44.23	53.66	61.90	118.75	32.65	150.00	400.00	400.00	46.81	65.96
%	100.48	93.45	86.73	32.47	79.40	33.41	39.94	32.17	38.57	22.90	78.96	58.42	80.75	79.23	85.44	57.89	23.82	74.69	62.16
no determ	-3.97	7.35	13.09	72.44	31.12	51.61	30.51	26.00	34.01	34.10	11.29	25.74	22.87	6.78	21.84	168.45	304.72	11.85	24.96
antropog	91.87	70.74	10.55	34.26	3.34	1.28	2.95	2.23	7.33	4.70	13.04	11.36	16.31	4.00	111.25	3.60	4.80	12.72	12.70
crustal	721.51	25.21	67.05	0.00	112.70	21.80	16.35	7.98	12.02	4.63	25.62	21.61	76.16	20.76	14.56	212.55	83.23	20.11	26.31
marino	15.51	8.74	7.35	0.57	3.64	2.58	0.84	2.12	1.83	0.75	3.71	3.20	3.29	1.11	2.69	17.35	7.88	2.13	1.98
secundario	9.56	11.78	9.50	8.25	3.34	1.28	2.95	2.23	7.33	4.70	13.04	11.36	5.66	4.00	6.05	3.60	4.80	7.50	9.17
C no-miner	82.31	58.96	1.05	26.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.65	0.00	105.20	0.00	0.00	5.21	3.54
ng/m^3																			
Li	17.41	<0.01	3.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.04	<0.01	2.93	0.26	<0.01	4.37	<0.01	<0.01
Be	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sc	0.62	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ti	1866.7	48.8	260.3	<0.01	191.5	50.0	95.2	33.3	71.4	19.2	24.4	0.0	291.7	61.2	41.7	1000.0	250.0	21.3	85.1

LOCALIDAD	CANTERA	ALCOH	SIDERUR	ALCOH	ARIDOS ALQU	ARIDOS ALQU	SIDERUR	SIDERUR	SIDERUR	SIDERUR	MOL ACEIT	MOL ACEIT	ALMENDRO	ALMENDRO	CERAM MAYO	CERAM MAYO	CERAM MAYO	MOL ACEIT	MOL ACEIT
V	62.36	33.53	14.99	3.47	0.00	4.12	4.63	2.97	6.94	4.58	3.56	1.97	9.60	2.46	5.21	28.35	8.72	2.46	4.61
Cr	48.90	25.97	26.58	4.42	0.00	0.67	3.58	5.55	3.58	2.74	0.29	0.00	4.69	0.51	0.00	71.55	0.00	0.00	0.00
Mn	3333.3	<0.01	246.6	<0.01	340.4	75.0	31.7	16.7	17.9	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Co	10.65	<0.01	1.60	0.26	<0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	<0.01	9.12	13.05	<0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	10.65	14.40	1.12	15.84	11.89	16.21	12.95	0.00	0.00	0.33
Cu	175.30	153.00	74.51	36.42	<0.01	42.41	22.61	35.55	80.54	42.15	31.15	18.64	47.80	31.42	18.92	700.47	0.00	43.26	15.30
Zn	241.38	209.35	2125.48	28.42	<0.01	333.35	116.13	514.53	289.31	275.00	247.26	239.80	190.67	151.40	343.59	1652.36	1485.11	199.53	149.16
Ga	9.63	0.83	5.87	1.86	<0.01	1.55	0.66	0.42	1.56	0.00	0.00	0.30	3.65	0.47	0.00	3.44	0.00	0.18	0.32
Ge	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
As	32.08	2.49	10.38	0.14	<0.01	0.39	0.84	0.67	1.29	0.38	0.81	1.51	2.56	1.72	0.49	25.31	11.51	2.31	1.68
Se	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Rb	40.21	1.74	17.08	4.97	<0.01	<0.01	1.14	0.00	0.40	0.67	21.63	20.67	11.20	3.19	2.05	22.49	<0.01	11.32	13.00
Sr	116.52	9.09	24.13	6.34	<0.01	8.14	5.80	4.15	6.41	<0.01	2.51	<0.01	17.28	2.50	1.36	56.12	<0.01	1.55	5.49
Y	12.37	5.08	1.23	0.50	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	<0.01	3.97	0.01	<0.01	2.62	<0.01	<0.01	<0.01
Zr	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nb	0.67	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	<0.01	1.66	0.00	<0.01	0.59	<0.01	<0.01	<0.01
Mo	62.12	70.86	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cd	<0.01	<0.01	9.25	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	<0.01	0.46	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sn					<0.01	6.56	0.06	2.45	2.40	<0.01	1.47	<0.01	3.50	1.09	5.56	29.18	9.21	<0.01	<0.01
Sb					<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.93	0.17	2.42	0.71	0.87	4.40	0.00	0.16	0.42
Cs	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	0.32	0.00	<0.01	1.82	<0.01	<0.01	<0.01
Ba	65.46	<0.01	72.51	18.83	<0.01	84.27	28.77	40.16	88.20	<0.01	2.70	<0.01	60.28	6.09	<0.01	96.44	<0.01	2.06	6.94
La	12.11	0.25	2.61	0.93	<0.01	0.10	0.77	0.40	0.44	<0.01	<0.01	<0.01	6.74	0.48	0.06	7.01	<0.01	<0.01	0.25
Ce	21.44	<0.01	5.17	1.47	<0.01	0.71	1.91	1.40	1.74	<0.01	<0.01	<0.01	14.33	1.45	0.47	17.95	<0.01	<0.01	0.69
Pr	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.45	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nd	9.46	<0.01	1.96	0.65	<0.01	0.04	0.59	0.49	0.94	0.04	<0.01	<0.01	5.61	0.49	<0.01	6.39	<0.01	<0.01	0.34
Sm	1.17	<0.01	0.07	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.78	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Eu	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Gd	2.01	0.58	0.46	0.43	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.87	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dy	2.19	0.83	0.25	0.13	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.50	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ho	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Er	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.31	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tm	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Yb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.19	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Lu	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Hf					<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	0.00	<0.01	5.17	1.12	<0.01	<0.01
Ta	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
W	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.00	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Pb	66.22	23.36	742.77	6.71	<0.01	<0.01	16.97	7.53	41.92	25.64	<0.01	<0.01	14.41	0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Bi	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.22	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Th	4.17	0.98	0.83	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
U	4.42	3.23	0.47	0.51	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

6.4.3 Caracterización Mineralógica Mediante SEM-EDS

En las tablas 6.5, 6.6 y 6.7 se muestran los análisis individuales de partículas realizados mediante SEM-EDS de los filtros muestreados en la Siderurgia de Jerez de los Caballeros (filtro P117), Cantera de Los Santos de Maimona (P108) y Alcoholera de Almendralejo (P113). En los Anexos 2, 3 y 4 se muestran también las imágenes de electrones secundarios (SEI) y retrodispersados (BSEI) de las partículas analizadas.

Tabla 6.5: análisis químico de partículas individuales analizadas en el filtro P117 obtenido en el muestreo de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros. Unidades en proporciones atómicas.

Muestra Análisis	P117						
	1	2	3	4	5	6	7
Na	13.8	12.9	33.3	28.7	0.0	5.0	17.8
Mg	1.8	4.6	3.9	0.0	0.0	0.0	4.4
Al	1.6	2.1	0.0	0.0	0.0	7.6	19.0
K	0.0	3.2	1.0	0.7	0.0	7.3	1.7
Ca	32.6	8.1	4.0	0.5	0.0	2.3	24.6
Mn	0.0	3.4	2.3	0.0	1.1	0.0	0.0
Fe	41.4	45.8	23.2	43.4	98.9	31.2	5.4
Cu	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zn	8.1	19.9	32.4	26.7	0.0	22.3	15.8
Pb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	11.3
Total	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 6.6: análisis químico de partículas individuales analizadas en el filtro P108 obtenido en el muestreo de la cantera de Los Santos de Maimona. Unidades en proporciones atómicas.

Muestra Análisis	P108						
	1	2	3	4	5	6	7
Na	20.9	0.0	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0
Mg	0.0	5.6	0.0	1.8	4.0	1.3	1.2
Al	0.0	54.6	1.6	8.3	0.5	2.3	8.9
K	0.0	31.9	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Ca	5.3	0.0	0.9	4.6	3.2	2.3	2.2
Ti	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Cr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Mn	0.0	0.0	0.8	5.3	29.5	0.0	0.0
Fe	1.5	7.4	96.7	79.4	41.4	93.6	85.6
Cu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
Zn	72.3	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0
Total	100	100	100	100	100	100	100

En la muestra obtenida del muestreo de la Siderurgia de Jerez de los Caballeros se han analizado partículas esféricas inferiores a 2.5 μm compuestas por Fe+Zn+Cu±Pb y Ca+Si+Na+Mg+Al+P+S+Cl. Estas partículas son claramente secundarias originadas a partir de los procesos de combustión de la mencionada industria.

Las partículas correspondientes al muestreo de la Cantera de Los Santos de Maimona son angulosas, generalmente superiores a 5 μm y constituidas fundamentalmente por Fe+Mn+Ca+Si+Al+Mg \pm Ti \pm S \pm Cl.

Por último, las partículas pertenecientes al muestreo de la empresa Alcoholar de Almendralejo poseen formas angulosas, correspondiendo a sulfato de calcio, silicatos de Ca+Mg+K de 5 μm de diámetro y partículas esféricas inferiores a 2.5 μm constituidas principalmente por Fe+Zn+Na+S.

Tabla 6.7: análisis químico de partículas individuales analizadas en el filtro P113 obtenido en el muestreo de la empresa Alcoholar de Almendralejo. Unidades en proporciones atómicas.

Muestra Análisis	P113															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Na	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.7	0.0	0.0	11.3	0.0	5.4	18.4
Mg	0.0	0.0	0.0	1.9	5.6	10.5	0.0	0.0	6.6	0.0	6.3	0.0	4.7	0.0	1.9	0.0
Al	0.0	5.9	42.3	3.0	68.0	25.8	9.8	3.5	24.6	0.0	17.3	3.7	14.2	10.0	78.0	0.0
K	2.0	0.0	6.7	0.5	4.5	3.4	0.0	0.0	3.2	5.4	4.9	0.0	1.7	0.0	0.9	0.0
Ca	0.0	93.0	26.8	94.6	2.1	47.9	88.5	0.0	55.2	72.9	32.7	0.0	15.4	0.0	11.4	0.0
Ti	0.0	0.0	19.1	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	28.8	55.3	0.5	45.3	0.0	0.0
V	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Cr	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe	98.0	0.0	4.1	0.0	16.4	12.4	1.7	96.5	5.1	0.0	10.0	34.6	52.2	44.8	2.3	58.9
Zn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

6.4.4 Discusión.

En este capítulo se presentan los resultados de niveles y composición química del material particulado atmosférico pertenecientes a los muestreos realizados en tres campañas intensivas en la Comarca de Barros (Badajoz), en Primavera, Verano y Otoño de 2006, y más concretamente entre los días 30 de mayo al 3 de junio de 2006 (Campaña 1), 7 al 11 de agosto (Campaña 2), y 27 de noviembre al 1 de diciembre de 2006 (Campaña 3). Se ha muestreado PM10 y PM2.5 en tres localidades representativas de la zona de estudio (Barcarrota, Alange y Cabina) de la Comarca de Barros. Además se ha realizado un estudio geoquímico de las partículas emitidas por diferentes focos característicos de la zona de los que se destacan la Siderurgia de Jerez de los Caballeros, Alcoholar de Almendralejo, Cantera, Planta de Áridos y Molino de Aceite del Cruce de Los Santos de Maimona, y Cerámica Manuel Mayo de Villafranca de Barros.

Las máximas concentraciones medias se han obtenido en la campaña de Verano (39.2 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en Alange), y las menores en Otoño (14.52 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en Barcarrota). Desde un punto de vista químico, las muestras de Barcarrota obtenidas en la primera campaña poseen mayores concentraciones de Ctotal, Zn, Cu, V, Ni y Pb que Alange. Posiblemente, esto se debe a una mayor influencia de focos de combustión en la zona de Barcarrota. Todas las concentraciones de Pb, Ni, As y Cd son muy inferiores a los descritos por la directiva 1999/30/CE para Pb en PM10 (500 ngPb/m³, 1999/30/CE) y a los valores guía propuestos en la directiva 2003/164/CE para Ni, As y Cd en PM10 (20 ngNi/m³, 6 ngAs/m³ y 5 ngCd/m³).

Los resultados obtenidos procedentes de los análisis químicos de filtros de PM10 y PM2.5 de las campañas de muestreo de las estaciones fijas de Barcarrota, Alange y Cabina, permiten clasificar a esta región, tanto en niveles como en composición química del material particulado atmosférico, en la categoría de fondo Rural (Querol et al. 2006).

En la tabla 6.8 se muestran los componentes mayoritarios en PM10 y PM2.5 en estaciones de muestreo de fondo rural en España (Querol et al. 2006) y su comparación con los resultados obtenidos en este estudio sobre Alange y Cabina. Hay que resaltar que en la mayoría de los elementos y compuestos en PM10 de Alange y PM2.5 de Cabina se encuentran dentro del rango de estaciones de fondo rural de España (op. cit.). Se destaca también la alta carga mineral presente en Alange y Cabina, que en el caso de PM10 puede duplicar las estaciones de fondo rural. Este hecho se debe puede interpretar debido a la ubicación de la cabina de Alange, al SE de la Península Ibérica en comparación con las cabinas usada como referencias de fondo rural (Monagrega, Becantes, Montseny y Morella) localizadas en el Norte de España. Tanto Andalucía como Extremadura poseen un mayor impacto de polvo de origen mineral debido a resuspensión por sequedad y al impacto de las intrusiones que el resto de las regiones de la Península Ibérica (Querol et al. 2004^a; 2004b)

Tabla 6.8: componentes mayoritarios en PM10 y PM2.5 en estaciones de muestreo de fondo rural en España (Querol et al. 2006). Se incluyen los datos obtenidos en este estudio sobre Alange y Cabina.

µg/m3	PM10 FONDO RURAL ESPAÑA Querol et al (2006)				ALANGE
	MON	BEM	MONT	MOR (TSP)	
PM10	21	19	19	24	29.1
N	132	87	157	10	12
OM+EC	2.8	5.5	3.8	2.2	5.2
MINERAL	5.2	2.5	4.8	4.5	9.4
MARINO	0.7	2.6	0.5	1.7	1.1
SIC *	7.5	5.2	6	6.8	6.0
NMSO42-	3.7	3	2.8	3.4	3.5
NO3-	2.5	0.9	2	3.1	2.5
NH4+	1.3	1.3	1.2	0.4	
INDET	4.8	3.2	3.9	7	7.3
µg/m3	PM2.5 FONDO RURAL ESPAÑA Querol et al (2006)				CTJO ENDDRINAL
	MON	BEM	MONT	MOR (TSP)	
PM2.5	12	14	17		13.7
N		45	60		10
OM+EC		3.8	4.6		2.2
MINERAL		1.5	2.1		2.4
MARINO		1	0.3		0.3
SIC *		4.4	6.2		3.9
NMSO42-		2.9	2.9		2.5
NO3-		0.4	1.9		1.3
NH4+		1.2	1.4		
INDET		3.3	3.8		4.9

* En Alange y Cabina no se dispone de amonio

En relación a PM_{2.5}, la estación de Cabina presenta valores más bajos de OM+EC y sulfato que las estaciones de fondo rural de España antes mencionada.

En la figura 6.16 se muestra la comparación en un diagrama multielemental de elementos trazas de PM₁₀ y PM_{2.5} obtenidos en las estaciones de Alange y Cabina con los valores máximos y mínimos en PM₁₀ descritos por Querol et al. (2006) para estaciones de muestreo de fondo rural de España. La mayoría de los elementos trazas se encuentran en el rango, aunque hay que destacar el enriquecimiento en Li, Ti, Mn, Zn, As, Rb, Y y REE en las estaciones de Extremadura. Se interpreta el enriquecimiento en estos elementos debido a la resuspensión natural y posible influencia del polvo de origen Norteafricano.

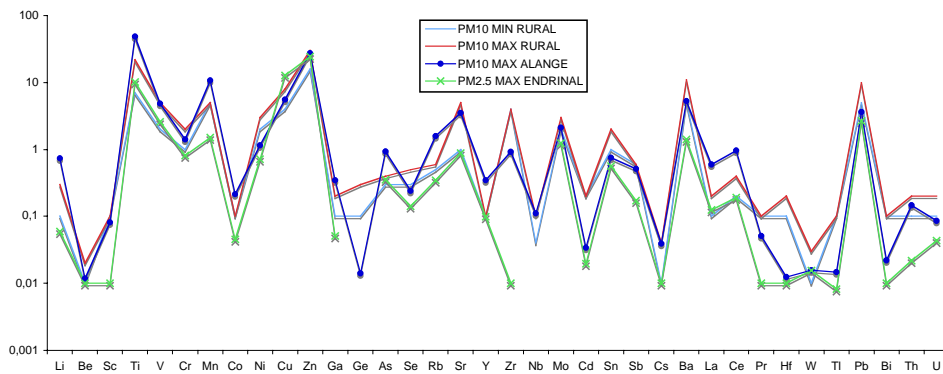


Figura 6.16: diagrama multielemental con los valores máximos y mínimos de elementos trazas en PM₁₀ de estaciones de fondo rural de España (Querol et al. 2006), y los niveles medios de elementos trazas de PM₁₀ de Alange y PM_{2.5} de Cabina obtenidos en este estudio.

La mayor concentración de PM₁₀ de los focos emisores y emisiones fugitivas registrados durante la campaña de muestreo se ha obtenido en la cantera de Los Santos de Maimona (hasta 827 µgPM₁₀/m³) y Cerámicas Mayo (150 µgPM_{2.5}/m³). Estas últimas se destacan por el tamaño fino de las partículas. Otra fuente importantes de partículas finas de la zona son los Molinos de Aceite (66 µgPM₁₀/m³ y 47 µgPM_{2.5}/m³).

Por último, los focos emisores de industrias representativas de la zona muestreados en este trabajo se caracterizan por el siguiente perfil químico:

- Siderurgia: Cr+Zn+Cu+As+Cd+Pb.
- Alcoholera: Cu+Zn.
- Cantera: V+Cr+Cu+Zn+As+Sr+Mo+Pb.
- Planta de Áridos: Carbonatos+ Zn+Ba+Cu
- Cerámica Manuel Mayo: Ctotal, Zn+Cu+Ni+V.