

---

## ÍNDICE



# ÍNDICE

---

**AGRADECIMIENTOS**

**RESUMEN / ABSTRACT / RESUM**\_\_\_\_\_i

**ÍNDICE**\_\_\_\_\_xix

## **BLOQUE I. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1.	Material particulado atmosférico	1
1.1.1.	Granulometría	2
1.1.2.	Tiempo de residencia en la atmósfera	5
1.1.3.	Mecanismo de formación	6
1.1.4.	Composición	7
1.1.5.	Origen y fuentes	13
1.1.6.	Efectos del material particulado	17
1.2.	Área de estudio	23
1.2.1.	Ciudades y población	24
1.2.2.	Vehículos	25
1.2.3.	Actividades industriales	26
1.2.4.	Dinámica atmosférica de la cuenca mediterránea	27
1.3.	Industria cerámica en el área de estudio	31
1.3.1.	Productos fabricados	31
1.3.2.	Proceso de fabricación	33
1.3.3.	Emisiones	38
1.3.4.	Mejores técnicas disponibles	43
1.3.5.	Producción	48
1.4.	Marco normativo	50
1.4.1.	Marco normativo en calidad del aire	50
1.4.2.	Marco normativo en emisión	54

---

<b>2. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA</b>	<b>59</b>
2.1. Antecedentes	59
2.2. Objetivos	61
2.3. Estructura	63
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>65</b>
3.1. Elección de la fracción granulométrica de estudio: PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	65
3.2. Estaciones de muestreo	67
3.2.1. Elección de las estaciones	67
3.2.2. Características de las estaciones	69
3.3. Equipamiento de medida y muestreo	71
3.4. Periodos de muestreo y disponibilidad de datos	74
3.4.1. Campañas intensivas de caracterización de la zona: verano-invierno	74
3.4.2. Periodo de estudio en continuo	77
3.4.3. Campañas de muestreo adicionales	78
3.5. Datos meteorológicos	79
3.6. Determinación gravimétrica de la concentración de PM	80
3.6.1. Tratamiento de los filtros y determinación de PM	80
3.6.2. Cálculo de incertidumbres	80
3.7. Caracterización química del material particulado	83
3.7.1. Tratamiento de los filtros y determinación de la composición química	83
3.7.2. Cálculo de incertidumbres	84
3.8. Caracterización mediante microscopía electrónica de barrido	94
3.9. Herramientas adicionales	95
3.10. Contribución de fuentes	96
3.11. Emisión sectorial	98

## **BLOQUE II. RESULTADOS**

<b>4.</b>	<b>DINÁMICA Y PROCESOS ATMOSFÉRICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>99</b>
4.1.	Caracterización general de la dinámica atmosférica de la zona de estudio	99
4.2.	Descripción de la dinámica atmosférica local	104
4.3.	Influencia de la dinámica atmosférica en los niveles de material particulado en las distintas estaciones	109
<b>5.</b>	<b>CAMPAÑAS INTENSIVAS DE MEDIDA</b>	<b>111</b>
5.1.	Condiciones meteorológicas durante las campañas verano-invierno	111
5.1.1.	Campaña de verano	111
5.1.2.	Campaña de invierno	113
5.2.	Niveles de PM <sub>10</sub>	115
5.2.1.	Campaña de verano	115
5.2.2.	Campaña de invierno	118
5.2.3.	Comparación de niveles de PM <sub>10</sub> en ambas campañas	122
5.3.	Composición química del PM <sub>10</sub>	125
5.3.1.	Campaña de verano	125
5.3.2.	Campaña de invierno	133
5.3.3.	Comparación de niveles de componentes mayoritarios en ambas campañas	140
5.3.4.	Comparación de niveles de elementos traza en ambas campañas	141
<b>6.</b>	<b>NIVELES DE PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2.5</sub></b>	<b>143</b>
6.1.	Niveles y evolución de PM <sub>10</sub>	143
6.2.	Variación estacional de PM <sub>10</sub>	147
6.3.	Variación semanal de PM <sub>10</sub>	149
6.4.	Variación horaria de PM <sub>10</sub>	150
6.5.	Principales tipos de episodios de material particulado	152
6.5.1.	Episodios regionales	152
6.5.2.	Advección de masas de aire del norte de África	155
6.5.3.	Advección de masas de aire atlánticas	157
6.5.4.	Advección de masas de aire desde Europa central y oriental	158

---

6.5.5.	Advección de masas de aire desde el Mediterráneo	160
6.5.6.	Episodios de PM causados por contaminación local	161
6.6.	Interpretación de la variabilidad diaria de niveles de PM <sub>10</sub> y contribución según tipo de episodio	163
6.7.	Niveles de PM <sub>2.5</sub>	170
<b>7.</b>	<b>COMPOSICIÓN DE PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2.5</sub></b>	<b>173</b>
7.1.	Componentes mayoritarios en PM <sub>10</sub>	173
7.1.1.	Niveles	173
7.1.2.	Comparación con otras zonas de España	175
7.1.3.	Evolución temporal y variación estacional	179
7.1.4.	Variación semanal	183
7.2.	Elementos traza en PM <sub>10</sub>	185
7.2.1.	Consideraciones previas acerca de los datos de Borriana	185
7.2.2.	Niveles	190
7.2.3.	Comparación con otras zonas de España	193
7.2.4.	Evolución interanual y variación estacional	199
7.2.5.	Episodios esporádicos	204
7.2.6.	Muestreo adicional de PM <sub>10</sub> en Borriana-rural y Almassora	214
7.2.7.	Origen de los elementos traza	215
7.2.8.	Metas de calidad de aire	216
7.3.	Composición de PM <sub>2.5</sub>	217
7.4.	Cálculo de incertidumbres	222
<b>8.</b>	<b>CONTRIBUCIÓN DE FUENTES</b>	<b>225</b>
8.1.	Identificación de fuentes de PM <sub>10</sub>	225
8.2.	Cuantificación de fuentes de PM <sub>10</sub>	235
8.2.1.	Contribución de cada fuente	235
8.2.2.	Evolución de la contribución de cada fuente	236
8.2.3.	Variación estacional de la contribución de cada fuente	239
8.3.	Contribución de fuentes para cada especie química	240
8.4.	Comparación entre la contribución de fuentes y el balance de masa sencillo	245

---

<b>9.</b>	<b>EMISIÓN SECTORIAL. RELACIÓN CON LA CALIDAD DE AIRE</b>	<b>251</b>
9.1.	Estimación de la emisión sectorial	251
9.1.1.	Fabricación de baldosas cerámicas	252
9.1.2.	Fabricación de fritas cerámicas	259
9.1.3.	Emisión sectorial global	266
9.2.	Relación entre la emisión y la calidad de aire	270
9.2.1.	Niveles de materia mineral	270
9.2.2.	Niveles de elementos traza	271
<b>10.</b>	<b>METAS DE CALIDAD DE AIRE Y ACCIONES CORRECTORAS</b>	<b>277</b>
10.1.	Consideraciones previas	277
10.1.1.	Fabricación de baldosas cerámicas	278
10.1.2.	Fabricación de fritas, esmaltes y pigmentos cerámicos	278
10.2.	Medidas propuestas	280
10.2.1.	Fabricación de baldosas cerámicas	280
10.2.2.	Fabricación de fritas, esmaltes y pigmentos cerámicos	285
10.2.3.	Resumen de medidas propuestas en la industria cerámica, reducción de emisión prevista e inversiones pendientes	289
10.2.4.	Actividades no cerámicas	290
10.3.	Recomendaciones sobre medidas a adoptar por la administración pública	294
10.3.1.	Sobre el control de la calidad del aire	294
10.3.2.	Sobre el control de las emisiones	294
10.3.3.	Otras medidas a adoptar por la administración pública	296
10.4.	Indicadores de seguimiento	297
10.4.1.	Definición de los indicadores de seguimiento	297
10.4.2.	Acciones a adoptar en las distintas situaciones	299

### **BLOQUE III. CONCLUSIONES, FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y PUBLICACIONES**

<b>11. CONCLUSIONES</b>	<b>303</b>
11.1. Niveles de material particulado atmosférico	303
11.2. Composición del material particulado atmosférico	307
11.3. Niveles de elementos traza	308
11.4. Identificación de fuentes de material particulado atmosférico	309
11.5. Cuantificación de las emisiones de material particulado generadas por la industria cerámica, evolución y relación con la calidad de aire	313
11.6. Posibles estrategias para reducir las emisiones de material particulado con impacto en la calidad de aire	315
<b>12. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>317</b>
<b>13. PUBLICACIONES</b>	<b>319</b>

### **BLOQUE IV. BIBLIOGRAFÍA Y GLOSARIO**

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>323</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>343</b>